

ТАРЧЕВСКИЙ В. В.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНСЕРВАЦИИ ЗОЛОТВАЛОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ УРАЛА

Введение

Электрификация народного хозяйства, выполняемая по завету В. И. Ленина, являлась и является одной из главнейших задач нашей партии и правительства. В Советском Союзе строятся и построены крупнейшие гидравлические и тепловые электростанции. На XXI съезде КПСС в докладе «О контрольных цифрах развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 годы» Н. С. Хрущев сказал: «В целях выигрыша времени и наиболее эффективного использования капитальных вложений в семилетнем плане предусмотрено преимущественное строительство тепловых электростанций на природном газе, мазуте и дешевых углях».

Тепловые электростанции используют дешевые многозольные каменные угли, с содержанием золы до 42%. Ежегодно количество удаляемой золы и шлаков с одной тепловой электростанции достигает до 1 млн. тонн. Эта зола и шлаки удаляются по трубам большого диаметра в специальные естественные или искусственные котлованы, которые рассчитываются для заполнения на 10—12 лет. Эти образования носят названия шлаконаливных полей или золоотвалов. Площадь золоотвалов достигает 200 и более гектар. У небольших тепловых электростанций соответственно и площадь золоотвалов меньше. Например, площадь золоотвала Южно-Уральской ТРЭС равна 415 га, а длина ограждающих дамб 11 км.

Большинство электростанций Урала возникло за последние 10—15 лет и поэтому запроектированные под золоотвалы емкости заполнены или же будут заполнены в ближайшие 2—5 лет. В связи с тем, что каменные угли перед сжиганием подвергаются тонкому помолу, зола их точно так же имеет мельчайшие размеры — порядка нескольких микрон. Благодаря этому последняя легко транспортируется водой по шлакопроводам на далекие расстояния. На многих станциях образующийся шлак точно так же подвергается дроблению до размеров золы и вместе с нею образует однородную массу. После заполнения емкостей зола транспор-

тируется в новые чаши, на подготовку которых затрачиваются большие средства — до 5—6 млн. рублей.

После заполнения золоотвалы забрасываются, начинают подсыхать и поверхностный слой золы при небольших ветрах легко поднимается в воздух и переносится на соседние территории, загрязняя воздух, почвы и водоемы. При сильных ветрах создаются настоящие пылевые черные бури, во время которых зола переносится на еще большие расстояния. Благодаря тому, что золоотвалы имеют толщу золы до 15 м, а запасы последней до 10 млн. м³ и более, будучи расположенными в пределах городской черты или же на ближайших окраинах города, они резко нарушают санитарную зону населенных мест.

В связи с подвижностью частиц золы, отсутствием в субстрате азота и подвижных растворимых соединений процессы естественного зарастания поверхности золоотвалов отсутствуют или же совершаются крайне медленно, почему эти пространства могут быть названы индустриальными пустынями. В связи с указанным возникла острая необходимость разработки методов биологической консервации золоотвалов, как самых дешевых и наиболее эффективных. Попутно с этими работами были изучены другие пылящие промышленные отвалы, такие, как: шламовые поля алюминиевых заводов, асбестовые отвалы, песчаные отвалы Союззолото и другие.

Для проведения указанных работ при кафедре ботаники Уральского университета им. А. М. Горького был создан специальный ботанический отряд в составе 6 сотрудников, которыми, начиная с 1959 г., собран обширный материал. Кроме того, в работе отряда приняли участие студенты старших курсов биологического факультета.

В настоящем сборнике освещаются главнейшие итоги работ отряда за последние 5 лет.

Объекты исследования. Экспериментальные работы на золоотвалах Красногорской ТЭЦ в г. Каменске-Уральском, Нижне-Туринской ГРЭС в г. Нижняя Тура, Егоршинской ГРЭС в г. Артемовске были начаты в 1959 г. Затем в 1961 г. был организован стационар на Березниковской ТЭЦ № 4 в г. Березники, Пермской области. Кроме того, было изучено состояние золоотвалов Краснокамской ТЭЦ в г. Краснокамске, Пермской области, и Серовской ГРЭС в г. Серове, Свердловской области. На первых трех золоотвалах работы проводились по договору со Свердловэнерго, а на Березниковской ТЭЦ по договору с дирекцией. Выбор этих объектов не случаен. Каждая из указанных станций работает на определенном топливе и поэтому зола каждого золоотвала имеет свои особенности. Так, Красногорская ТЭЦ использует угли Экибастузского, Егоршинская ГРЭС — Егоршинского, Нижне-Туринская ГРЭС — Волчанского (Богословского) и Березниковская ТЭЦ — Кизеловского месторождений. На этих углях работают все остальные тепловые электростанции Урала и поэтому полу-

ченные результаты на стационарах могут быть широко использованы на всех золоотвалах тепловых электростанций Урала.

Красногорская ТЭЦ основана в 1939 г., работает на Экибастузских каменных углях, удаляет в 1 час. 178 тонн золы и шлака на расстояние в 5 км на южную окраину г. Каменска-Уральского. Один золоотвал площадью в 25 га заполнен в 1954 году, а другой площадью в 222 га заполняется и будет закончен через 4—5 лет. На заброшенном золоотвале с толщей золы в 7—10 м был заложен стационар.

Егоршинская ГРЭС работает на местных углях. Золоотвал площадью 5—6 га имеет толщину 7—8 м, расположен в центре г. Артемовска. Шлак в недробленном виде поступает вместе с золой.

Нижне-Туринская ГРЭС основана в 1950 г., работает на каменных углях Волчанского (Богословского) месторождения, образует в год около 1 млн. тонн золы и дробленого шлака. Один золоотвал площадью в 60 га заполнен в 1957 г., а второй площадью в 220 га заполняется. Толща золы в первом равна 12 м. Расположен в 1—1,5 км от станции вблизи рабочего поселка ГРЭС и деревни Косая речка.

Березниковская ТЭЦ № 4 работает на углях Кизеловского месторождения. Имеет в 500 м от станции три золоотвала, площадью в 25 га, на одном из которых площадью в 16,9 га, заброшенном в 1956 г., заложен стационар. Золоотвалы имеют глубину 4—5 м. Все они находятся на западной окраине г. Березники в оживленном заводском районе.

Во всех случаях заброшенные золоотвалы лишены растительности, активно пылят и загрязняют атмосферу. Возможность использования каменноугольной золы крайне незначительна. Как удобрение она не годится. Зола может использоваться как один из компонентов строительных материалов. Так, строительные организации г. Каменска-Уральского используют сухую золу из мультициклонов в количестве 2 тысяч тонн в год при изготовлении железобетонных конструкций. Это количество золы соответствует тому, что электростанция выбрасывает в котлован за 10 часов работы. Кроме того, потребителем золы является силикатный завод, изготовляющий золопеносиликат в качестве утепляющего материала для перекрытий. Во всяком случае запасы золы так велики, что может стоять вопрос только об их консервации.

Золоотвалы. После размалывания высокозольного каменного угля на мельницах и сжигания его в пылевидном состоянии в топках котлов электростанций мельчайшие частицы золы батарейными циклонами и мокрыми скрубберами осаждаются и вместе с частицами мелкораздробленного шлака, поступающего из котлов, путем комплекса золоудаляющих устройств складываются в искусственные или естественные котлованы. Площади котлованов могут достигать от нескольких га до нескольких десятков и сотен га. В настоящее время только в Свердловской области под действующими

щими и заброшенными золоотвалами занята площадь около одной тысячи га. Толща золы в котлованах различна — от 3—5 до 20 и более метров. На золоотвал в среднем за сутки поступает 2500 тонн золы, а в год до 1 миллиона тонн.

Частицы золы механически оседают и постепенно заполняют котлован до намеченных отметок. При излиянии пульпы в котловане в первую очередь оседают наиболее крупные и тяжелые частицы, а легкая фракция относится на более далекие расстояния. После заполнения золоотвала ветер подхватывает и уносит наиболее легкие частицы, а более крупные и тяжелые остаются на месте или передвигаются по золоотвалу до какого-либо препятствия. Эти процессы и распределение частиц золы играют немаловажную роль при поселении растений на золе и при освоении ее. Так, на Нижне-Туринском золоотвале вблизи выходного отверстия шлакопроводов поверхность золоотвала представляет плотный панцирь, состоящий из чередующихся прочных плиток. Чем дальше от шлакопроводов, тем тоньше плитки и тоньше состав золы. В восточной части золоотвал становится бесструктурным и мягким. На Егоршинском и Березниковском золоотвалах зола поступает вместе с нераздробленным шлаком и последний в первую очередь оседает у выходного отверстия шлакопроводов, а затем встречается все реже и реже. В связи с тем, что электростанции рассчитаны на определенный вид каменного угля, в большинстве случаев золоотвал формируется однородной массой золы. Как указывалось, частицы золы имеют размеры в 1—5 микрон, ничем между собой не связаны и поэтому золоотвалы бесструктурны. При рассмотрении золы под микроскопом среди белесых разобщенных частиц последней видны многочисленные мельчайшие шарики с металлическим блеском. Эти металлические включения довольно значительны и в будущем представляют интерес для извлечения.

После заполнения золоотвала последний забрасывается. Благодаря пылевидному состоянию золы, она легко поднимается ветром и переносится на расстояния от 0,5 до 2,0 км. Поэтому золоотвалы являются постоянными источниками загрязнения воздуха, ухудшающими санитарную зону населенных мест вблизи золоотвалов.

С течением времени под влиянием атмосферных осадков и оседания происходит некоторая цементация поверхностного слоя золоотвала и он покрывается уплотненной корочкой, благодаря чему количество пыли, поднимаемой с золоотвала, несколько уменьшается. Но несмотря на появление уплотненной корочки, золоотвалы по-прежнему являются ~~весьма~~ опасными источниками пыления. Об этом говорит хотя бы такой пример: на поверхности золоотвала Нижне-Туринской ГРЭС сформирован очень плотный панцирь, но пылевые бури здесь — явление очень частое, и население деревни Косая речка, рабочего поселка и др. постоянно страдают от них в течение круглого года.

Химический состав золоотвалов. Элементарный химический состав золы после сжигания каменного угля в топке котлов или

в лабораторных условиях известен для каждого вида топлива. Но для характеристики золоотвалов эти анализы не пригодны, так как при удалении золы водой, имеющей высокую температуру, происходит растворение и выщелачивание ряда легкорастворимых соединений и вынос их с территории золоотвала осветленными водами. В связи с указанным происходит изменение первоначального химизма золы и тем значительнее, чем длиннее путь транспортировки золы.

В приводимой табл. 1 верхняя строка (I) характеризует золу каменного угля сразу же после ее сжигания, а вторая строка (II) отражает состав золы после ее транспортировки на золоотвал. Под названием угля в скобках указано расстояние, на которое транспортируется зола с электростанции на золоотвал.

Обычно вытяжка водного раствора золы (рН) после сжигания имеет значение около 3,0, то есть кислую реакцию. В целях сохранения металла трубопроводов зола подщелачивается до нейтральной реакции — с рН около 7,0. Так, рН золы кизеловских углей достигает 6,2, богословского и егоршинского — 7,0 и экибастузского — 6,95. Сигалов Б. Я. (1959) для подмосковных углей приводит рН — 7,4. У английских авторов рН золы каменных углей указывается от 8,5 до 10,5.

Таблица 1

Угли	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃
Кизеловский (I)	53,0	17,7	25,0	1,3	3,0
(0,5 км) (II)	48,8	20,5	23,4	0,7	1,1
Экибастузский (I)	54,0	10,9	25,0	3,7	2,2
(5 км) (II)	60,3	4,5	28,9	1,1	0,8
Богословский (I)	40,0	8,0	31,0	12,0	4,5
(1,5 км) (II)	40,5	5,5	32,4	7,8	0,4

Из этой таблицы видно, что в процессе транспортировки золы вымываются и выносятся с водой соединения CaO, SO₃ и Fe₂O₃ и за счет этого повышается содержание кремнекислоты и алюминия.

Очевидно, под влиянием атмосферных осадков за более длительный промежуток времени этот процесс будет продолжаться в том же направлении. Но эти процессы приобретут иной характер, если к золе будет добавлен гумус, а также комплекс минеральных удобрений. Это приведет к созданию более благоприятных изменений в комплексе SiO₂/Al₂O₃, особенно при внесении Ca, Mg и K. Первые два из этих компонентов будут способствовать созданию большей прочности микроструктурных агрегатов. Ярким примером такой «структурности» является золоотвал Нижне-Туринской ГРЭС, в составе золы которой содержание Ca достигает 8%. При количествах Ca не более 1% в золе угля Кизеловского и Экибастузского месторождений золоотвалы, как правило, рыхлые и требуют механического уплотнения поверхности путем применения катков.

- Агрохимический анализ золы с золоотвалов показывает незначительное содержание подвижных форм азота, фосфора (0,05—30 мг на 100 г золы) и калия (11,4—28,5 мг на 100 г золы). По данным Сигалова Б. Я. (1954, 1957а и в, 1958, 1959), зола подмосковных углей из котельной содержит азота 2,3—2,8 мг, фосфора до 2,5 мг и калия 37—42 мг на 100 г золы. По данным Рис и Сидрака (Rees W. J., Sidrak G. H., 1955), в золе золоотвалов азота содержится 0,04%.

- Эти данные говорят о полной необеспеченности золы питательными веществами для растений и в первую очередь азотом, за исключением подмосковных углей.

Спектрографический анализ позволяет еще более уточнить состав золы. Центральной химической лабораторией Уральского геологического управления были проанализированы 4 пробы золы с золоотвалов. Здесь были обнаружены следующие элементы: кремний (Si) и алюминий (Al) — более 10%, железо (Fe) — 3%, кальций (Ca) и магний (Mg) — 1%, титан (Ti) — 0,6—1,0%, фосфор (P) — следы — 0,1%, марганец (Mn) — 0,01—0,06, ванадий (V) и хром (Cr) — 0,01%, барий (Ba) и стронций (Sr) — 0,03—0,06%, медь (Cu) и иттрий (Y) — 0,003—0,006, цирконий (Zr) — 0,003%, никель (Ni) и кобальт (Co) — 0,001—0,003%, свинец (Pb), галлий (Ga) и скандий (Sc) — 0,001%, иттербий (Yb) — 0,0003—0,0006% и другие.

Некоторые из этих элементов в указанных количествах являются нежелательными и даже токсическими. К ним относятся: алюминий, железо, никель, марганец, ванадий, хром, медь, цинк, барий и кремний. Все эти элементы, по сравнению с почвой, находятся в повышенных количествах.

Холидей, Таузенд и Хадсон (Holliday R., Tawusend W. N., Hodson D., 1955) пишут об алюминиевой и марганцевой токсичности золы каменных углей. Рис и Сидрак (Rees W. J., Sidrak G. H., 1955) приходят к выводу, что в ядовитых для растений количествах присутствуют только алюминий, марганец, железо и никель. Другие же вещества, такие, как: цинк, кобальт, хром и титан являются потенциальными ядами. Поставленные ими опыты с ячменем в песчаной среде с добавлением растворов алюминия, марганца, никеля и железа дали следующие результаты: в присутствии алюминия наблюдалась пурпурная окраска стеблей, острые прямостоячие листья с ломкими верхушками и центральной жилкой; в присутствии марганца наблюдалась сильная карликовость растений, с появлением коричневых пятен на листовой пластинке, позднее сливающихся в коричневые полосы, засыханием центральной жилки; никель вызвал резкую карликовость и хлороз, на листьях появились белые пятна, постепенно расширяющиеся и приводящие к их разрушению; в присутствии железа наблюдалась сильная пурпурная окраска всего растения.

Путем посева индикаторных растений эти же авторы обнаружили для двух видов капусты и горчицы токсическое действие мар-

ганца, что выразилось в карликовом росте и повреждениях. Испытания карликовых бобов, овса и томата показали токсическое действие алюминия. Анализ листьев томата, выращенного на золе, показал, что содержание в них алюминия в 7 раз выше, чем у контрольных растений. Авторы приходят к важному выводу о том, что из всех элементов золы наибольшую опасность представляют соединения алюминия и марганца, а также подчеркивают различную избирательность растений к этим веществам.

В наших полевых опытах растения на чистой золе на протяжении четырех лет отличаются карликовым ростом, резким уменьшением листовой поверхности, темной и красноватой окраской листовых пластинок, хрупкостью и ломкостью листьев. Более или менее нормально развивались некоторые представители семейств крестоцветных и бобовых. Поэтому наши наблюдения полностью подтверждают высказывания Рис и Сидрака и др. авторов о токсическом действии алюминия и марганца на растения.

В то же время необходимо отметить, что минералогический состав золы значительно богаче почвы и многие из названных микроэлементов — медь и другие — весьма благотворно влияют на жизнедеятельность растений. Поэтому можно сказать, что состав золы гораздо богаче почвы и при незначительных добавках к первой гумуса можно получать лучшие показатели в развитии растений, чем на почве. Отсутствие растительности на золе объясняется, в первую очередь, отсутствием в ней азота.

Водный режим золоотвалов. В силу большой проницаемости золы в последних находится достаточный запас воды. Начиная с глубины в 30—40 см, зола имеет среднюю влажность, а с 50 становится влажной. Измерения влажности за два года на Нижне-Туринском золоотвале на различных глубинах дали следующие результаты (в %): 0—5 см — 14; 5—10 см — 15; 10—15 см — 18; 15—20 см — 19,4; 20—30 см — 24,7; 30—40 см — 25% влажности. На рыхлом золоотвале Красногорской ТЭЦ за то же время получены несколько иные результаты, а именно: с поверхности 21—39,2%, на глубине 5 см — 33,6%, 5—10 см — 33,3—35,3%, на 15 см — 33,5%, 15—20 см — 29,7%, на 20 см — 33,2% и на 40 см — 34,8%.

В обоих случаях влажность золоотвалов достаточно высокая и это обеспечивает потребности растения в воде в течение вегетационного периода. Самая низкая цифра влажности в поверхностном слое 5,9—6,0% была за два года обнаружена только один раз.

Выпадающие атмосферные осадки, как правило, быстро поглощаются золой. Таким образом, водный режим золоотвалов можно охарактеризовать как вполне благоприятный.

Температурный режим. Несмотря на серый и белесый цвет поверхность золоотвала в летний период может сильно нагреваться, но в силу плохой теплопроводности нижние слои более холодны. Для подтверждения приводим средние температуры по показаниям

в 1 час дня по Красногорскому и Нижне-Туринскому золоотвалам за июнь, июль, август 1961 г. и затем 1962 г.

Таблица 2

Температура	Нижне-Туринский золоотвал		Красногорский золоотвал	
	1961	1962	1961	1962
Воздуха	—	—	23,1	25,3
Поверхности	39,1	29,1	—	—
На глубине 5 см	20,6	23,1	—	—
На глубине 15 см	18,4	19,2	16,2	17,7
На глубине 25 см	—	18,6	—	—

Максимальная температура поверхности золы $+50^{\circ}$ отмечена 1/VIII 1961 г.

Температура золы под растительностью на поверхности золоотвала снижается на 8° , а с глубиной на $5-3^{\circ}$, по сравнению с участками, свободными от растительности.

По температурному режиму зола должна быть отнесена к слабо-теплопроводным субстратам, с хорошо выраженной амплитудой колебаний температуры на поверхности и на глубине. Под растительностью такие переходы совершаются более плавно. Таковы характерные особенности золы каменных углей тонкого помола и золоотвала в целом. К числу главнейших вопросов, на которые необходимо обратить особенное внимание, относятся: а) отсутствие азота в золе, б) ее значительная емкость поглощения, в) богатство золы соединениями металлов и микроэлементами, г) большая влагоемкость и влажность золы, д) бесструктурность и е) тончайший состав золы.

Зола и почва. Зола, образующаяся при сжигании каменного угля тонкого помола и составляющая основу золоотвалов, относится к специфическим субстратам. Среди природных образований нет ничего похожего на золоотвалы: В какой-то степени к ним близки подзолы, особенно подзолистый горизонт (A_2). Хотя сразу же нужно оговориться, что между золоотвалами и подзолами в остальном имеется существенная разница.

«Подзолы развиваются в условиях временного избыточного увлажнения почвы, сменяющегося интенсивными нисходящими токами воды. Подзолы отличаются невысоким природным плодородием, кислой реакцией, бесструктурностью и отсутствием перегноя. Верхний подзолистый горизонт характеризуется почти белой окраской из-за большого содержания кремнекислоты и кварца, имеет мощность 30—40 см; ниже залегает горизонт скопления полуторных окислов. При освоении подзолов необходимо применять известкование почвы, регулярно вносить органические и минеральные удобрения» (БСЭ, 2-е изд., т. 33, стр. 411).

В этой характеристике имеется много общего с золоотвалами, что особенно ярко проступает при сравнении химического анализа подзолистого горизонта (A_2) и каменноугольной золы тепловых станций Урала.

Таблица 3

Название соединений	Подзол (гор. A_2)	Зола кам. угля
	в процентах	
Гумус	1,69	—
SiO_2	78—81	40—54
Al_2O_3	10—21	25—36
Fe_2O_3	2—6,3	6,7—17,7
CaO	0,2—5,6	1,3—12
MgO	0,6—1,6	сл.—4,2
K_2O	2,4—3,9	0,11—0,28
SO_3	0,5	2,2—4,5
P_2O_5	0,03—0,07	0,05—0,3
MnO	0,11—0,4	0,02
Cu	—	0,01
Cl_2	—	0,001—0,009

Из этих данных видно, что подзолистый горизонт (A_2) по многим соединениям (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и др.) сходен с каменноугольной золой, но в последнем случае количество окислов алюминия и железа в золе в два раза больше, а кремнекислоты в два раза меньше.

В подзолистых почвах горизонт A_2 , наиболее бедный питательными веществами, сменяется горизонтом B_1 или горизонтом вымывания, где задерживаются все легкорастворимые соединения. В золоотвалах никаких горизонтов, отличающихся между собой по химическому составу, нет, а есть только прослойки, обусловленные механическим распределением крупных и мелких частиц золы. Самое же главное отличие золы от подзола заключается в том, что в золе совершенно отсутствует гумус.

Из этого следует, что несмотря на некоторое сходство, подзолистые почвы не могут быть аналогами золоотвалов.

Зола и пески. Идя другим путем, золоотвалы можно сравнить с естественными песками. Но здесь сходство будет чисто внешним, так как по химическому составу пески резко отличаются от золы, благодаря преобладанию в них кварца и кремнекислоты.

Зола и горные породы. Можно предположить, что золоотвалы являются аналогами горных пород, находящихся в состоянии выветривания.

В природных условиях под влиянием различных агентов (воздух, вода, температура и др.) происходит энергичный распад, разложение и растворение горных пород. На золоотвалах эти процессы крайне ничтожны. В частности, под влиянием колебаний температуры горные породы растрескиваются на более мелкие

частицы, формируя так называемый мелкозем, основу будущей почвы. На золоотвалах частицы золы имеют размеры около 1—5 микрон, и температурные колебания для них не имеют практически никакого значения, так как измельчение здесь доведено до своего предела.

В процессе выветривания происходит медленное перераспределение всех соединений по горизонтам, в золоотвалах после сжигания определенного вида каменного угля и складирования золы этот процесс отсутствует и разницы между верхними и нижними слоями золоотвала нет или она незначительна.

В природных условиях характер поверхностных образований часто зависит от химизма грунтовых вод. На золоотвалах грунтовые воды отсутствуют или же их влияние ничтожно.

В связи с разобранным устанавливается, что среди природных образований нет аналогов золоотвалам. Лучше всего считать золу каменных углей самостоятельным специфическим субстратом, где протекают свои особенные процессы, еще малоизученные, и имеются свои закономерности.

Работы по реставрации и консервации золоотвалов за рубежом и в СССР

Вопросами реставрации и консервации золоотвалов занимались за границей и в СССР. Английский ученый Томсон (Thomson H. W., 1958) изучал возможность возврата золы в карьеры и каменноугольные шахты, но в связи с дороговизной транспортировки золы признал за лучшее реставрацию золоотвалов в земельные угодия обычного типа. С этой целью он рекомендует покрывать золоотвал слоем подпочвы в 60 см и почвы в 30 см и вносить высокий уровень удобрений. Он указывает, что одни удобрения без почвенного покрытия дают слабый эффект. Попутно он отмечает, что в ненастную погоду в росте и развитии ряда растений на золе наблюдаются благоприятные результаты. Он отмечает стерильность золоотвалов с микробиологической точки зрения. Томсон нашел, что некоторые растения из семейств маревых, крестоцветных и бобовых относительно устойчивы при выращивании на золе, в то время как широкий круг «экономических» растений оказался чрезвычайно чувствительным.

Рис и Сидрак на основе проведенных исследований в Лидсе и Бирмингеме в своем первом сообщении отметили, что на золе обычные сорняки и «дикие» злаки не поселяются, кроме *Atriplex hastata* L. var. *deltoidea*, которая хорошо выживает на золе. В связи с этим они приходят к выводу о том, что некоторые вещества золы отрицательно действуют на питание и нормальную физиологию большинства растений. Они первоначально установили ядовитое действие Al, Mn, Fe и Ni, другие же Zn, Co, Sr и Ti являются потенциальными ядами. В другой работе (1956) приводится обстоятельное обсуждение опытов на золе с удобре-

нием и почвой в отношении роста растений, их химического свойства и токсического влияния отдельных элементов золы, особенно отрицательную роль Al и Mn. Они также указывает, что смесь золы и почвы в разных отношениях увеличивают урожай ряда растений на примере ячменя, горчицы и капусты, но до известного предела (6 : 100, 50 : 100 и 25 : 100 соответственно), после чего урожай снижается.

Обсуждая результаты работ указанных авторов, Холлидей, Таузенд и Хадсон (Holliday R., Townsend W. N., Hodgson D., 1955) высказывают опасения в отношении питательных свойств растений, выращенных на золе. Помимо этого, они делают вывод об алюминиевой и марганцевой токсичности в щелочной золе с pH — 8,5 и выше. Если значение pH удастся снизить, то это благотворно подействует на рост растений.

По применению каменноугольной золы как удобрения, как механической примеси к почве имеется много работ: Оберсте-Бринка (Oberste-Brink K. et. al., 1956), в отечественной литературе Богданова П. Л. (1957), Вешенской И. С. (1957), Соловьева П. П. (1955), Халлик О. Г. (1953, 1954, 1955). О действии витальной золы на лесные насаждения говорят работы Матерна и Плива (Materna Jan, Pliva Karel, 1958), Немец (Nemes An., 1958). Температуре почвы, покрытой слоем золы, посвящены исследования Матубара, Окуда, Оно (Matsubara S., Okuda S., Ono T., 1957). Интересна работа Грабетовой-Угровой (Hrabetova-Uhrova A., 1955), в которой она дает геоботанический анализ вопросов самозаращения и окультуривания ослабленных терриконов. Ею описана окружающая растительность, а затем медленный процесс заселения отвала. Среди самых первых 7 растений, появляющихся здесь, Грабетова-Угорова называет бескильницу расставленную (*Puccinellia distans* Jasc. (Pari)) и наличие на корнях растений *Azotobacter*. На разных склонах этого вулканоподобного отвала описана разная растительность, в основе которой преобладают мусорные и сорные растения с небольшим участием злаков и бобовых. Автор дает морфологическое описание приспособлений некоторых растений как в надземной, так и в подземной части. Так, отмечается сильное развитие корневых систем, в то время как надземная часть имеет замедленный рост. В заключение приводится ряд древесных растений, высаженных на старых участках отвала, среди которых упомянуты боярышник (*Crataegus monogyna* Jacq., *C. oxyacantha* L., *C. curvisepala* Lindm), бересклет (*Evonimus europaea* L., *E. verrucosa* Scop), вишня (*Prunus fruticosa* Pall. P. Mahaleb L.), дерен (*Cornus sanguinea* L.), шиповник (*Rosa canina* L.), кизильник (*Cotoneaster integerrima* Medic), клен (*Acer campestre* L.), тополь белый (*Populus alba* L.), осина (*P. tremula* L.), белая акация (*Robinia pseudoacacia* L.) и ива (*Salix caprea* L.).

Большой материал для заброшенных шахтных отвалов Англии приводится Холлом (Hall, 1957), но о золоотвалах он говорит очень немного. В частности указывает, что часто они колонизируются

одними только мхами и лишайниками, в других случаях при $pH=7,2$ развивается богатая растительность из злаков.

Несколько особняком стоят работы польских ученых, объединенных Институтом охраны природы (г. Краков), разработавших экологическую сторону изучения отвалов и их окультуривания, что особенно выражено в работах Грешты (Gresztad, 1957a, 1957b.). Обзор этих работ дается Колесниковым Б. П. и Николаевским В. С. (1962).

В Советском Союзе вопросами консервации золоотвалов занимался Сигалов Б. Я. (1951—1957). Он применил почвенное покрытие в 2—3 см и испытал в этих условиях 31 вид растений. Им были получены положительные результаты для овсяницы красной и луговой, клевера красного, райграса пастбищного и пырея ползучего, при повышенной (в 4 раза) норме высева семян. В последней работе (1959) он предлагает использовать любые отходы, содержащие органические вещества, расширяет список рекомендуемых видов до 10 и рекомендует различные злаково-бобовые травосмеси для озеленения золоотвалов Европейской части СССР, Башкирии, Урала, Украины.

В результате этих работ доказана принципиальная возможность консервации отвалов. Английский метод реставрации золоотвалов путем нанесения на его поверхность 90 см почвы и подпочвы экономически не пригоден и поэтому не рассматривается. Более привлекателен метод, предложенный Сигаловым Б. Я., по которому на 1 га золоотвала необходимо вывозить 200—300 кубометров почвы. Стоимость работ по консервации 1 га золоотвала по этому методу, по расчетам МосТЭП, определяется в 875 руб.

После того как были разобраны физические и химические особенности золоотвалов, становится ясным, что золоотвалы представляют специфическую среду обитания, неблагоприятную для существования растений. Поэтому на золоотвалах, после того как они заполнены и заброшены, на протяжении многих лет никакой растительности нет. В последующем на периферии золоотвала, там, где ветер и вода заносят с дамб на прилегающие участки золоотвала частички земли, появляются немногочисленные пионерные растения. На самом золоотвале по канавкам или вдоль случайных препятствий, например, оснований высоковольтных мачт, на осевшей пыли с небольшим содержанием гумуса точно так же появляются некоторые растения. Иногда обнаруживались группы растений по наиболее сырым окраинам золоотвалов, что позволяло думать о положительном влиянии влажности для заселения растениями поверхности золоотвала.

В связи с указанным, после получения практического заказа со стороны производственных организаций (Свердловэнерго, Березиковской ТЭЦ № 4, Уральского алюминиевого завода и др.) были развернуты исследования по многим направлениям, которые позволили бы в короткий срок (5 лет) собрать всесторонний материал о золоотвалах и других промышленных отвалах как осо-

бой среде обитания, о росте и развитии наиболее перспективных растений, о самозаращении золоотвалов, о формировании первичных ценозов, о внутривидовых и межвидовых отношениях, о выработке наиболее рациональных приемов возделывания растений.

Для решения всех этих вопросов ежегодно закладывались на каждом золоотвале опытные делянки в начале по 2 и 15, затем по 50 и 100 м². В настоящее время площадь опытных посевов достигает 25 га. Естественно, что все опыты проводились в двух- и трехкратной повторности. Наблюдения и измерения над растениями

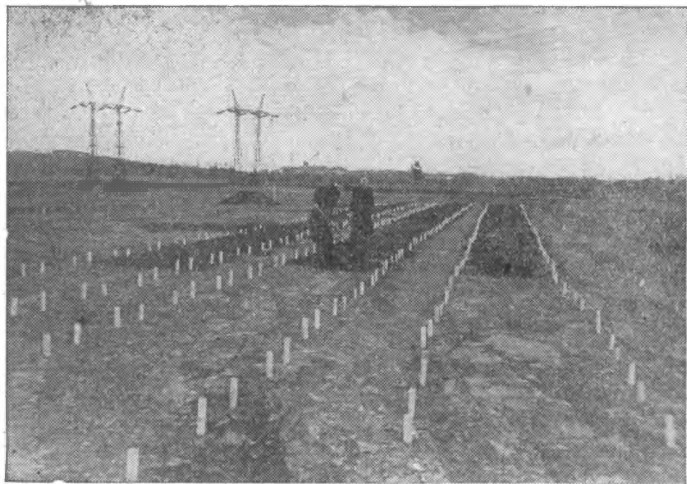


Рис. 4. Разбивка делянок на золоотвале.

ежегодно проводились с 5 мая по 1 октября через каждые 5 дней по единой методике. На каждой площадке окольцовывались 5—10 растений, которые и были объектами постоянных наблюдений. Наряду с этим измерялась температура приземного слоя воздуха и золы на различных глубинах, систематически определялась влажность золы на разных глубинах, отбирались пробы растений в различные фазы, собирались соцветия и колосья и т. д. Ежегодно на одних и тех же участках фиксировался растительный покров и изменения в нем за истекший год.

Приступая к работе, в 1958 и 1959 гг. были выписаны или приобретены из различных мест Советского Союза семена около 230 видов растений, принадлежащих к 87 родам и 21 семейству. Семена были выписаны из ботанических садов гг. Одессы, Днепропетровска, Ленинграда, Москвы, Хибин, Караганды, Алма-Аты, Ростова-на-Дону, опытных станций Якутска, Омска, Зернограда, Свердловска, Караганды, Тартусской станции юных натуралистов,

Свердловского и Курганского сельскохозяйственных институтов и др. учреждений. В значительных количествах приобретались семена местной репродукции в колхозах Свердловской области, Караганде и Омске. Помимо этого были посеяны для испытания 2 тонны около 20 видов семян сорных растений. Из этого видно, что опыты проводились в широком масштабе и на больших площадях, что исключает элемент случайности в установлении тех или иных закономерностей.

Как указывалось, посевы производились на опытных площадках, а наряду с ними выделялись специальные участки чистой золы и золы, покрытой слоем земли в 2 см, на которых никаких посевов не производилось, но за которыми систематически велись наблюдения. Это были участки самозарастания. Варианты опытов были следующими: 1) на чистой золе, 2) на золе с почвенным покрытием в 2 см, 3) на золе с торфяным покрытием в 3 см, 4) на золе с полным минеральным удобрением, 5) на золе с полиакриламидом, 6) на золе с ионитами, 7) на золе с бытовыми отходами, 8) на увлажненной золе, 9) на почве (на пришкольных участках). Семена бобовых подвергались инокуляции, а к некоторым применялись специальные стимуляторы, полученные из Ленинградского сельскохозяйственного института. Часть опытов по основным культурам дублировалась в вегетационных сосудах на территории ботанического сада Уральского государственного университета имени М. А. Горького в г. Свердловске.

Итоги наблюдений по основным культурам на всех стационарах изложены в статьях Беспрозваной С. Я., Власовой Г. М., Хамидулиной М. В., Шубина Ф. М. и по шламовым полям — Шиловой И. И. настоящего сборника.

В данной работе, на основе всего материала наблюдений над всеми растениями всех стационаров, освещаются некоторые общие вопросы.

Затруднения в работе. С первого года работы (1959) погодные условия весной были самые неблагоприятные — дули сильные ветры, сменявшиеся грозами. Поэтому сотрудники отряда Простаква Л. В., Ваулина Л. В., Арапова Н. И. и др. вынуждены были работать в защитных очках и респираторах. В результате этого на Красногорском стационаре все посевы были развеяны ветром. Повторные посевы весной этого же года были смыты разразившейся грозой. Стационар был заложен в третий раз и, так как золоотвал под влиянием ветров бушевал, его зола разносилась на расстояния более двух километров, то в результате этого ряд промышленных предприятий вынужден был приостановить работу. Вслед за этим отряды бульдозеристов засыпали около 15 га золоотвала, в том числе и опытные площадки попутным грунтом толщиной в 10 см. Новый стационар (в четвертый раз) был заложен весной 1960 г. На золоотвале Егоршинской ГРЭС прорвавшаяся пульпа покрыла весной 1960 г. все посевы слоем золы в 10—15 см, и стационар был заложен вновь. На золоотвале Нижне-

Туринской ГРЭС 2 за опытных посевов на влажной золе во время аварии действующего золоотвала были залиты толстым слоем золы и погибли.

На золоотвале Березниковской ТЭЦ № 4 опытные посевы все время подвергаются сильнейшему задымлению.

В дальнейшем, после того как растительность закрепилась, она стала подвергаться погромам коз, гусей, крупного рогатого скота и даже человека. В частности, были выкошены на сено 300 м² клевера лугового, срывались цветы люпина, эспарцета и др. растений.

Земля и торф привозились часто за много километров. Широкая помощь и внимание к проводимым работам со стороны администрации электростанций, выразившиеся в предоставлении всей необходимой техники и рабочих, заставляли забывать о трудностях и позволяли собирать необходимый материал для составления настоящего сборника.

Золоустойчивые растения. При проведении испытания большого количества видов на золоотвалах во всех случаях половина семян высевалась на чистой золе в надежде на то, что какие-то виды могут оказаться настолько невзыскательными, что субстрат золоотвала может оказаться для них нормальной средой. Эти предположения вполне подтвердились. Можно с уверенностью рекомендовать для рыхлых золоотвалов бескильницы Гаупта и расставленную (*Atropis Hauptiana* (Srin.) V. Krecz. и *A. distans* (L.) Griseb.), встречающиеся на золоотвалах Красногорской и Березниковской ТЭЦ. Кроме этих двух растений, на золе Березниковской и Краснокамской ТЭЦ охотно растет вейник (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth). На золоотвале Нижне-Туринской ГРЭС из посеянных семян сорных растений закрепилась и хорошо развивается смолевка-хлопушка (*Silene latifolia* (Mill) Rendle). Из древесных растений изредка встречаются 3 вида ив.

Наибольший интерес для практического использования представляют бескильницы, которые в короткие сроки расселяются по всему золоотвалу и дают достаточно сомкнутый покров. В наших статьях (1960, 1961, 1962) приводятся некоторые данные об этих растениях и особенно о бескильнице Гаупта. Здесь сообщаются дополнительные сведения, характеризующие рост и развитие бескильниц на основании двухлетних наблюдений за ними в вегетационных сосудах.

Основная масса всходов появляется на 13—18-й день после посева, но часть всходов отмечается на 40-й и 50-й день. После этого через 5 дней появляется первый, а через 3—5 — последующие листья. Цветение и плодоношение начинается в первый год через 80—90 дней, а во второй год жизни сдвигается на июнь — июль месяцы. Наиболее интенсивный рост растений наблюдается в фазы кущения и колошения. К концу первого года вегетации растения бескильницы Гаупта достигли высоты на чистой золе 16 см, на золе с NPK и полиакриламидом 30 см и на почве 50,4 см. У бескильницы расставленной высота растений на чистой золе доходила до 30 см,

на почве — 67 см. В дальнейшем по всем показателям первая цифра дается для бескильницы Гаупта, а вторая — для бескильницы расставленной. На следующий год ярко-зеленые всходы бескильниц появились раньше всех других растений, причем в сосудах обнаружена масса новых всходов, количество которых в отдельных случаях достигало до 200 экз. на сосуд. Различия по высоте к концу второго года стали менее заметными, так, на золе растения достигали 54/48, на почве — 61/57 см. Формирование побегов происходит особенно интенсивно в июле месяце и достигает на золе 37/29 и на почве 190/120. Цветут и плодоносят оба вида бескильниц долго — до конца вегетационного периода. При этом бескильница Гаупта вступает в цветение и плодоношение на месяц раньше, чем бескильница расставленная, и прекращает развитие примерно на месяц раньше. Вообще эти два вида очень хорошо различаются между собой. Первая — светло-зелеными тонкими листьями, стеблями и небольшими размерами дернины, а другая — более грубыми крупными зелеными и темно-зелеными приподнимающимися стеблями и более крупными дернинами. Различия имеются и по всем другим признакам. Так, листьев на золе в 1 кусте сформировалось 148/140, на почве — 890/785; длина соцветий на золе 8,7/18,5 см и на почве 18,4/17,8 см; вес семян в варианте на золе 0,05/0,4 г, на почве — 0,03/0,02 г. У обеих бескильниц цветение продолжается 8 дней, после чего завязываются семена. В начале отцветают нижние веточки соцветия, затем средние и, наконец, верхние. По мере отцветания веточки соцветия резко отклоняются вниз и в стороны, и соцветие приобретает типичную форму. Генеративных побегов на одно растение приходится много — в среднем до 30. Оба вида хорошо различаются между собой и по размерам корневой системы. У бескильницы Гаупта корни неглубокие до 15—20 см и дернины легко выдергиваются, в то время как у бескильницы расставленной корневая система более мощная и достигает в глубину до 40 см, благодаря чему дернины ее с трудом отделяются с большим комом субстрата.

Корневые системы бескильницы весят в 2 раза больше, чем надземная часть. По общему весу растения на золе в 2—3 раза весят меньше, чем растения на почве. Содержание сухого вещества и азота в нем у бескильницы Гаупта выше, чем у бескильницы расставленной и достигает 94—95,7% (белка до 25,0), что говорит о большой перспективности кормового использования бескильницы Гаупта. На корнях бескильницы обнаружены колонии азотобактера (*Azotobacter chroococcum*).

Возникает вполне соответственный вопрос, в силу каких преимуществ бескильница Гаупта заселяет большую площадь золотвала, в то время как бескильница расставленная встречается в виде отдельных несмешивающихся с первой пятен. Оба вида на золотвале дают вполне развитые дернины, нормально цветут и плодоносят. Причина преимуществ бескильницы Гаупта, позволяющая ей расселяться на большей территории, заключается в том,

что она на целый месяц раньше, чем бескильница расставленная, продуцирует семена, которые в конце июля — начале августа падают под дожди и быстро прорастают, в то время как семена другой бескильницы осыпаются поздней осенью и часто выдуваются ветром, а те, которые остаются на золе, попадают на занятые участки с разившейся бескильницей Гаупта. Кроме того, бескильница Гаупта может создавать очень густые заросли, в то время как бескильница расставленная имеет развалистые дернины и зарослей не образует. В этом, по нашему мнению, заключаются преимущества бескильницы Гаупта перед бескильницей расставленной, которыми и определяется распространение первой на рыхлых зооотвалах. Наблюдения над бескильницами приводят к мысли о том, что первичные ценозы возникают как однокомпонентные и уже после этого под покровом пионерной растительности начинают поселяться новые растения.

Рост и развитие растений на золе. Все варианты опытов включали обязательно в качестве контроля посев семян растений на золе. За 5 лет по всем стационарам и по всем культурам получен в общем отрицательный результат. В первый момент растения за счет эндосперма семени во всех вариантах развиваются одинаково и на золе даже быстрее, чем в других случаях. После появления первых двух-трех листьев рост растений на золе резко приостанавливался. Происходило следующее любопытное явление. Если у растений на золе с почвенным покрытием вся корневая система была первое время сосредоточена в самых верхних слоях, то у растений на золе корневая система развивалась энергично во все стороны и на большую глубину. Корни как бы разыскивали по всему субстрату необходимые питательные вещества и находили их с трудом или совсем не находили. В связи с этим некоторые растения погибали в первый же год; другие — на второй год, но ряд растений просуществовал все эти годы в виде крайне невзрачных побегов с небольшим количеством листьев. По отдельным видам на Нижне-Туринском стационаре это выглядит так. Люпин многолетний в течение трех лет давал всходы, в течение сезона выбрасывал 3—4 приземистых листа и на следующий год погибал. Люцерна синегибридная в 1-й год дала разреженные всходы, которые за лето не превысили 3—4 см. На следующий год сохранилось 4 экземпляра, которые выросли до 15 см, зацвели и на следующий год выпали. Тимофеевка луговая ежегодно дает 3—4 листа розовато-вишневого цвета и на этом ее развитие прекращается. Пырей бескорневищный в течение двух лет находился в таком же состоянии, как и тимфеевка луговая. На третий год три растения пырея выбросили коротенькие колоски. На Красногорском зооотвале растения развивались несколько лучше. Всходы на чистой золе появились на 2—3 дня раньше, чем в других вариантах опыта, были очень дружными и по внешнему виду не отличались от растений других вариантов. Бобовые и часть злаковых растений выпали в течение первого года. Весеннее отрастание растений

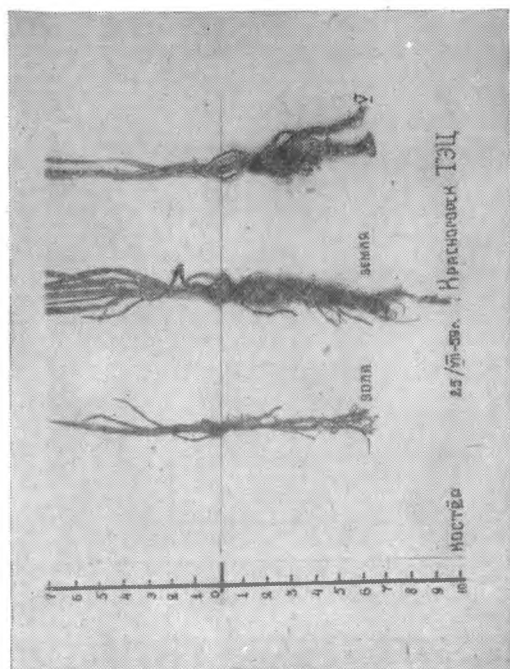
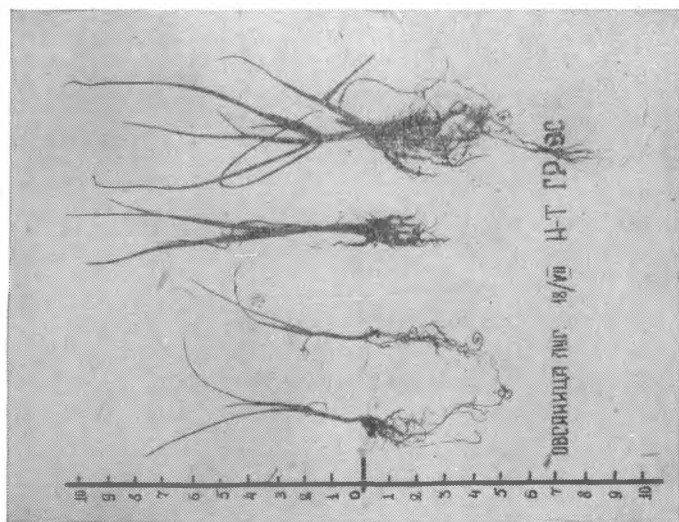


Рис. 5—8. Рост и развитие растений житняка на золотвале Нижне-Туринской ГРЭС в первый год.

на следующий год на чистой золе шло более замедленно, чем в других вариантах. Клевер красный сохранился лишь отдельными островками диаметром 15—20 см. Некоторые растения цвели, но семян не завязали. Донник белый сохранился также отдельно растущими кустами, по высоте растения были в 2—3 раза меньше растений других вариантов. Растения злаков: регнерии, пырея, овсяницы красной и луговой, сохранились в небольшом количестве отдельными полосками, имели антоциановый налет, в течение всего лета не превышали высоту 20—25 см, генеративных побегов не давали.

На третий год растения на золе сохранились в еще меньшем количестве. Пырей бескорневищный прошел в этом году все фазы развития и дал семена. Регнерия омская была сильно изрежена, но также прошла все фазы развития. До 3-го года жизни сохранились несколько растений овсяницы луговой, небольшим островком ежа сборная. Ежа в течение 3 лет ежегодно весной начинала вегетировать, затем листья ее подсыхали, генеративных побегов не появлялось.

Таким образом, выращивание культурных многолетних травянистых злаковых и бобовых растений на чистой золе не дает положительных результатов, у сохранившихся растений наблюдается задержка в росте и развитии. Листья растений более мелкие, более сухие, имеют отклонения в окраске от нормальной. Несмотря на это, корневые системы у ряда растений хорошо развиты на глубину в 15—20 см.

Однолетние культуры

Наряду с многолетними в посевах были использованы однолетние культурные растения. Ставилась задача — в короткие сроки проследить их рост, развитие и воздействие этих растений на субстрат.

В различные годы выращивались: овес (*Avena sativa*), просо (*Panicum*), соя (*Soja*), люпин однолетний (*Lupinus annua*), кормовые бобы (*Vicia faba* L.), горчица белая (*Sinapis alba* L.). В 1959 г. на двух — Красногорском и Нижне-Туринском золоотвалах был посеян овес обыкновенный. На Нижне-Туринском стационаре посев был произведен 13 мая. На каждую двухметровую площадку было высеяно 32 г семян. На золе всходы появились раньше, но количество взошедших семян оказалось меньше, чем на золе с почвенным покрытием. Так, на 6 м² на чистой золе появилось 1526 растений, или 254 растения на 1 м², а на 6 м² с 2-см слоем почвы число растений равнялось 3007, или 501 растение на 1 м². К 1 июня растения на золе достигли высоты 10—12 см и до 15 июля, к моменту созревания семян, растения увеличили свою высоту до 15 см за счет образовавшейся метелки. На золе с почвой растения достигли высоты до 55 см и созрели в тот же срок. На следующий год на площадках из-под овса с почвенным покрытием развилось 16 видов растений, в том числе: клевер ползучий (*Trifolium repens*) и луговой (*T. pratense*), пырей ползучий (*Agropyrum repens*), соя, овся-

ница овечья (*Festuca ovina*), костер (*Bromus inermis*), из разнотравья — лапчатки (гусиная, норвежская), тысячелистник (*Achillea millefolium*), льнянка (*Linaria vulgaris*), подорожник (*Plantago major*), которые сохранились на протяжении 4 лет и хорошо себя чувствуют. На площадках из-под овса на золе ничего не появилось. В 1961 г. овес был посеян на золоотвале Закамской ТЭЦ № 4 (г. Березники) на золе с торфяным покрытием. Овес здесь погиб в фазе всходов.

Просо было посеяно в 1961 г. на Красногорском и Березниковском стационарах. На Красногорском золоотвале посев был произведен в двух вариантах — на чистой золе и на золе с двухсантиметровым почвенным покрытием. На чистой золе всходы проса появились на 5 дней раньше, но в течение всего вегетационного периода растения так и остались в фазе всходов. На участке зола + 2 см почвы некоторые растения достигли 22 см высоты. 5 августа растения выбросили метелку, а к 25 августа созрели семена. Хорошо просо чувствовало себя там, где случайно слой почвы был больше. На Березниковском стационаре, где просо было посеяно на золе с торфяным покрытием, рост и развитие его были также замедлены; растения образовали метелки, большинство выколосившихся растений имело высоту не более 25 см. Соя высевалась на Красногорском стационаре в 1961 и 1962 гг. и на Березниковском стационаре в 1962 году. Семена сои были получены из Казахской академии с.-х. наук от академика Черноголовина В. П. Посев сои в 1961 году на Красногорском золоотвале был произведен 12 июня семенами следующих сортов:

1) Соя 370, 2) хабаровская 4, 3) амурская 42, 4) Ж 1038. Испытание сои на золе и на золе + 2 см почвы дало весьма отрадную картину. Соя в обоих вариантах хорошо развивалась. В варианте зола + 2 см почвы некоторые экземпляры развились до стадии плодоношения. Общая фаза развития к концу вегетационного периода — цветение.

Повторно, в 1962 г., соя испытывалась на золе. Посев был произведен на том же месте, где соя была в прошлом году. Различия в развитии по сортам отмечено не было. Все сорта развивались приблизительно одновременно. В этом году соя была менее высокой,

Варианты	Стадия развития	
	цветение	плодоношение
1 вариант	+	+
2 »	+	
3 »	+	
4 »	+	+
5 »	+	
6 »	+	
7 »	—	—

слабой, кратковременно цвела, завязывания плодов отмечено не было, в то время как в прошлом году образовалось несколько бобов. В течение вегетационного периода отмечено подсыхание и отпад листьев. Растения имели бурую окраску стеблей, листья светло-зеленые. Цветы сои были очень мелкими и засохли. Худшее, чем в 1961 году, развитие сои можно объяснить

Развитие сои по сортам

Название сорта сои	Время всходов (дни от посева)	Наибольшая высота, см	Цветение
Д-370	10	16,9	30/VII
Амурская 116 . . .	10	17,2	—
Скороспелая	9	17,0	30/VII

неблагоприятными климатическими условиями лета 1962 г., в частности, небольшим количеством теплых дней в году. Соя же, как известно, культура теплолюбивая. После выращивания сои участок покрывается сорной растительностью, так как, очевидно, в почве накапливается азот. На Березниковском стационаре была посеяна 19 мая 1962 г. на чистой золе, на золе с торфяным покрытием и на золе с удобрениями соя сортов: хабаровская 7, носовская белосемянная, хабаровская, 5, Ж 1038, хабаровская 4. На золе с торфом соя погибла в фазе 2 настоящих листьев. Причину гибели сои и других культур на этом месте зооотвала, вероятно, следует искать, кроме загрязненности воздуха промышленными газами высокой концентрации, в химическом составе золы этой части зооотвала. На золе с NPK растения сои достигли высоты 36—40 см и 27 июля было отмечено единичное цветение. Растения имели бурую окраску и быстро засохли. На чистой золе соя не цвела совсем.

Люпин однолетний розовый высевался в 1961 и в 1962 гг. на Красногорском стационаре и в 1961 г. на Березниковском стационаре. На Красногорском зооотвале 2 июня 1961 г. посев люпина был произведен на золе с двухсантиметровым почвенным покрытием и на почве. Оба варианта между собой существенных различий не имели и фазы развития наступали одновременно. Всходы появились на 9-й день после посева, через 10 дней после появления всходов развернулся первый настоящий лист, затем с интервалами в 5 дней появлялись 2 и 3-й листья. 20 июля отмечено начало бутонизации, 30 июля — цветение, а 15 августа растения образовали плоды. В период цветения лучшие растения достигли высоты 20—22 см. Средняя высота растений достигла в этот период 15,1 см. Плоды люпина не созрели, но он прошел все стадии, включая плодоношение. Цветы люпина имели светло-розовую окраску, кисти крупные, длиной до 10 см. Плоды-бобы хорошо развиты, но не налились и ушли в зиму в зеленом состоянии. На почве люпин был несколько выше и цветение было обильней. В 1962 г. люпин проходил испытание вторично. Посев был проведен в трех вариантах: 1) зола чистая, 2) зола + 2 см почвы, 3) почва. В этом году цветение наступило гораздо позднее, было менее обильным. Надо отметить, что и всходы люпина опоздали по сравнению с 1961 годом на 20 дней.

Сравнительные данные роста и развития люпина однолетнего по вариантам представлены в следующей таблице:

Название вариантов	Время появления всходов в днях от посева	Появление настоящего листа	Наибольшая высота 5 растений, см	Бутонизация	Цветение
Зола	20	На 30-й день	11,5	20/IX	—
Зола + 2 см почвы . .	8	На 30-й день	28,8	4/VIII	5/VIII
Почва	8	На 18-й день	32,8	20/VII	5/VIII

При сравнении данных таблицы можно отметить следующие особенности: всходы на золе появились на 12 дней позднее, чем в двух других вариантах. Появление настоящего листа отмечается одновременно в вариантах почва и зола + 2 см почвы. В почвенных условиях люпин дал настоящий лист на 12 дней раньше, чем на чистой золе.

На Березниковском стационаре люпин однолетний испытывался в 1962 году в вариантах: зола + торф, зола + торф + NPK, зола + NPK, чистая зола. На участке в варианте с торфом люпин был посеян 19 мая. Всходы появились к 25 мая и через неделю развернулся первый лист. Второй настоящий лист в этом варианте образовался к 9 июня, но дальше развитие не пошло и в этой стадии весь люпин в июне месяце погиб. Люпин однолетний в варианте на золе с торфом и удобрением был посеян 19 мая. Всходы появились 26 мая, первый настоящий лист — через неделю, второй — через 3 дня после первого. В дальнейшем образование листьев шло, примерно, через такие же промежутки времени. Единичное цветение отмечено 18 июля, массовое — с 10 августа и продолжалось вплоть до второй половины сентября. Растения невысокие, но имеют мясистый стебель, ярко-зеленую окраску листьев. Самого мощного развития достиг люпин однолетний на золе с удобрением. Посев был проведен 19 мая и через неделю (26 мая) появились всходы; 1, 2 и 3-й листья образовывались соответственно 2—5 и 10 июня. Начало цветения относится к 22 июля, массовое цветение — через неделю. Средняя высота растений люпина 47—50 см, длина соцветия — 13 см. Цветы на этой делiance ярко-желтые. Растения образовали плоды длиной 3—5 см, но семена не созрели. Несколько хуже выглядел люпин, посеянный в этот же срок на чистой золе, но почти все растения дошли до цветения. Средняя высота растений в момент цветения — 25—30 см, длина соцветия — от 2 до 7 см. Плодов не образовалось. Клубеньков на корнях люпина не обнаружено ни в одном варианте.

Испытание люпина однолетнего показало, что во всех вариантах он чувствует себя хорошо, обильно цветет.

В 1962 г. впервые на золоотвалах Красногорского и Березниковского стационаров был произведен посев кормовых бобов.

Семена бобов получены из Пензенской области. Перед посевом семена замачивались в воде. Бобы были высеяны в рядки на глубину 5 см на Красногорском стационаре на золе с 2-см почвенным покрытием и на Березниковском стационаре в двух вариантах — на золе с торфяным покрытием и на золе с удобрением. На золоотвале Красногорской ТЭЦ всходы появились на 7-й день, через 3 дня появились настоящие листья. На 32-й день отмечена бутонизация растений, на 40-й день — цветение, на 62-й день — плодоношение.

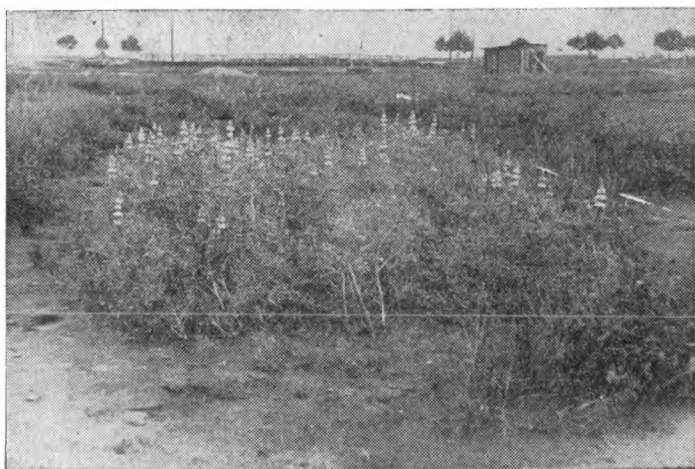


Рис. 9. Люпин однолетний на Березниковском стационаре.

Растения имели ярко-зеленую окраску, обильно цвели, плодоносили. Боб имел 3—4 семени, был обычной формы и цвета. Некоторые растения в период плодоношения имели высоту 48,5 см. Средняя высота растений 43,5 см. Стебли ребристые, крепкие. На каждом растении было 2—8 бобов. К концу сентября бобы начали слегка буреть. Полного созревания не достигли (были скошены).

Бобы прошли все стадии до созревания за 2 месяца, достигнув хорошей высоты. На Березниковском стационаре в обоих вариантах всходы появились на 7-й день, вторая пара листьев — через 10 дней. На одном участке с торфом бобы, достигнув высоты 25—30 см, стали чернеть и вскоре засохли совсем. На другом — дошли до фазы цветения и тоже погибли. На золе с удобрением бобы достигли высоты 40—45 см, цвели, но плодов не образовалось. Стебли тонкие, листья бледно-зеленой окраски. Клубеньки не обнаружены.

В 1961 г. на Красногорском и Березниковском стационарах был произведен посев горчицы белой. На Красногорском золоотвале горчица на чистой золе прошла все стадии развития, дала семена, но высота ее не превышала 13,5 см. В 1962 г. был произведен

вторичный посев горчицы. Горчица белая развивалась нормально, прошла все стадии развития, включая плодоношение. Растения были мало облиственны, имели в этом году еще меньшую высоту. Небольшая высота растений может быть объяснена довольно низкой летней температурой. Семена созрели в конце августа. На Березниковском стационаре посев горчицы был произведен 3 июня 1961 г. на золе с торфом. Всходы появились 16 июня. Цветение — с 4 июля по 17 июля. Горчица плодоносила. Средняя высота растений горчицы 21—25 см.

Местное население на Березниковском золоотвале, увидев произведенные посевы, рядом со стационаром засадило участок в 400 м² на чистой золе картофелем. В течение всего вегетационного периода растения картофеля выглядели нормально, но осенью клубней обнаружено не было.

Из указанного вытекает следующее: некоторые однолетние культуры проходят полный цикл развития на золе и на золе с почвой (особенно крестоцветные).

После ряда культур (горчицы, картофеля, проса) ничего не поселяется, тогда как после всех бобовых и овса происходит интенсивное заселение этих участков другими растениями как в год посева, так и на следующий год, как на золе с почвой, так и на чистой золе.

Посев этих однолетних растений обогащает почву азотом и микрофлорой. Поэтому можно рекомендовать использование однолетних бобовых как предшественников для других культур.

Такой же и даже еще больший интерес представляет культура донников белого и желтого (*Melilotus albus*, *M. officinalis*). После них точно так же охотно поселяется много различных видов. Кроме того, они быстро адаптируются к новым условиям и начинают одиночными экземплярами поселяться прямо на золоотвале.

Основное внимание на всех стационарах за все годы наблюдений было обращено на испытание многолетних травянистых растений из семейств злаковых и бобовых. Испытания проводились при повышенных в 2—4 раза против обычной полевой нормам высева семян в чистом виде и в травосмесях в различных вариантах опыта. Были испытаны следующие культуры: из злаковых — райграс высокий (*Arrhenatherum elatius*), полевица белая (*Agrostis alba*), житняк ширококолюсый (*Agropyrum pectiniforme*), овсяница луговая (*Festuca pratense*), овсяница красная (*Festuca rubra*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), костер безостый (*Bromus inermis*), пырей бескорневищный (*Agropyrum tenerum*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), регнерия омская (*Roegneria fibrosa*), пырей сизый (*Agropyrum glaucum*), пырей ползучий (*Agropyrum repens*), мятлик луговой (*Poa pratense*), волоснец сибирский (*Roegneria fibrosa*) из бобовых: клевер луговой (*Trifolium pratensis*), клевер ползучий (*Trifolium repens*), люцерна желтая (*Medicago falcata*), люцерна синегрибная (*Medicago media Pers*), эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*), донник белый, донник желтый, люпин мно-

голетний (*Lupinus polyphyllus*). Все эти растения после пяти лет испытаний дали хорошие результаты, за исключением мятлика лугового, полевицы белой и эспарцета песчаного. Все культуры с первого года своими листьями стали задерживать большое количество золы и к настоящему времени растения на многих опытных делянках покрыты слоем золы в 20—30 см. Очевидно, благодаря этому полевица белая и мятлик луговой, начиная с 3-го года, начали сильно изреживаться, остальные растения испытывают большое угнетение. Весьма интересно проследить поведение растений в различных вариантах опыта.

Посевы на золе с 2-сантиметровым почвенным покрытием. Этот прием вполне себя оправдал. Причем, выдержать покрытие почвой слоем в 2 см удалось с трудом. Чаше всего поверхность золы была только чуть-чуть прикрыта почвой, изредка почвы было больше, чем 2 см. Такое положение с неравномерностью слоя почвы создавалось потому, что почва разбрасывалась вручную или разравнивалась бульдозером. Но этот вариант является самым дорогим: по расценке МосТЭП, озеленение 1 га золоотвала с применением почвенного покрытия в 2 см стоит 875 рублей.

В результате наших опытов удалось установить, что удовлетворительные результаты дают посевы с двойной нормой высева семян, в то время как МосТЭП в своих расчетах исходил из четырехкратной нормы. Таким образом за счет уменьшения количества высеваемых семян стоимость работ несколько снижается. Покрытие поверхности золоотвалов слоем почвы в 2 см по большинству испытанных растений дало положительные результаты. Были найдены 17 видов злаковых и бобовых растений, которые могут быть рекомендованы для производственных посевов.

Рост и развитие растений в этом варианте мало чем уступали растениям на естественной почве (контроль), но часть растений имела показатели на $\frac{1}{3}$ и $\frac{1}{2}$ ниже, чем в контроле. Тем не менее, и те и другие за первые же два года развили мощную корневую систему, прочно скрепившую поверхностные слои золы, и пыление с этих участков резко сократилось. На четвертый год развития некоторые растения образовали корневую систему глубиной до 1,5 м. Нанесение небольшого слоя почвы создавало все условия для закрепления растительности и дальнейшего ее развития.

На рыхлых золоотвалах преобладание получили бобовые растения, такие, как люцерна синегрибная, клевер красный и белый, люпин многолетний и донники; на плотных первое время лучше развивались злаки — овсяница красная и луговая, костер безостый, ежа, райграс и др.

Посевы на золе с торфяным покрытием. На золоотвале в городе Березники в качестве покрытия был использован наземный торф, который наносился слоем в 3—4 см. За два года получены положительные результаты по большинству испытанных растений, особенно злаковых. В силу большой загрязненности воздуха промышленными газами большинство бобовых растений, особенно

их листовая поверхность, повреждается и они к концу вегетационного периода полностью выпадают.

Преследуя цель изыскания наиболее экономически выгодных форм консервации, были испытаны различные варианты, в частности, с покрытием золы полиакриламидом и с внесением минеральных удобрений.

Посевы на золе с полиакриламидом. Для покрытия использовался полиакриламид, имевший 8%-ную концентрацию.

На поверхность золы наносилась полиакриламидная пленка 0,1—0,5%-ной концентрации, перемешивалась с поверхностным слоем золы и засеянными семенами. Это покрытие давало положительные результаты только в первый год, а в следующий все растения здесь или погибали или же останавливались в своем развитии так же, как и растения, высеянные на чистой золе. После двухлетней проверки применения полиакриламида от него пришлось отказаться.

Посевы на золе с минеральными удобрениями. Применение минеральных удобрений, начиная с 1959 г., свидетельствовало о перспективности их. В 1961 г. полное минеральное удобрение было применено на крупных участках двух золоотвалов. Полное минеральное удобрение (NPK) вносилось из расчета 5 ц на 1 га, а именно: натриевой селитры 3 ц (48 кг действующего начала), калийной селитры 1 ц (20 кг действующего начала) и суперфосфата 1 ц (20 кг действующего начала). Половина удобрений была внесена перед посевом семян, а вторая использована в качестве подкормки. О результативности действия минеральных удобрений, по сравнению со слоем почвы, наносимым поверх золы, можно судить по сравнительным данным, приведенным в табл. 4.

На разных золоотвалах получились неодинаковые результаты. На Нижне-Туринском золоотвале минеральные удобрения дали меньший эффект, чем на Красногорском. Кроме того, подсчетом количества растений на контрольных делянках установлено, что на площадках с минеральным удобрением посевы более разрежены.

Внесение минеральных удобрений восполняет недостаток азота и благодаря этому в золе развивается полезная для растений почвенная микрофлора, а сами растения находят для своего развития необходимый источник питания. Кроме того, внесение минеральных удобрений усиливает и изменяет физико-химические и химические процессы в золе, как среде обитания для организмов. Очевидно, при внесении удобрений уменьшается токсическое действие компонентов золы.

В целом применение минеральных удобрений может оказаться весьма эффективным, так как 5—10 ц удобрений гораздо легче доставить, чем 200—300 м³ земли.

Минеральные удобрения легко вымываются дождевыми и грунтовыми водами, в связи с чем их эффективность сильно снижается и это особенно сказывается на золе. В связи с бурным развитием химической промышленности в нашей стране вырабатываются

Нижне-Туринский золоотвал

Культуры	Зола + почва					Зола + НРК				
	высота	к-во побегов	суточн. прирост	сух. вес		высота	к-во побегов	суточн. прирост	сух. вес	
				надземн. массы	корневой системы				надземн. массы	корнев. системы
Костер безостый	49,7	3	0,4	6,6	17,7	22	4—5	0,6	4,9	6,8
Овсяница красная	25	31	0,2			19,5	19	0,2		
Донник желтый	100	3	3			95	2	4		
Люцерна синегибридная	41	9	0,4	29,6	24	25	4	0,3	9	37,8
Эспарцет песчаный	35	3	0,2			10,2	1	0,06		

Красногорский золоотвал

Регнерия	39	4		0,38	0,2	34,7	2	—	0,2	0,3
Костер безостый	8,1	1		0,1	0,1	12,7	3		0,12	0,2
Овсяница красная	13	2		0,04	0,1	22,6	4		0,05	0,2
Пырей ростовский	27,2	2		0,05	0,14	7,8	2		0,09	0,14
Донник белый	119	4		10,8	1,98	2,8	4		14,8	1,26
Люцерна синегибридная	52,6	7		6,3	2,0	56,5	5		12,3	2,15
Клевер красный	58,6	4,6		2,4	1,9	56,6	8		2,56	1,44

многочисленные ионообменные смолы, которые играют огромную роль в обмене ионов между растворами солей в почве и растениями. Кроме того, они сами содержат необходимые для роста и развития растений вещества: азот, фосфор, углерод, калий, кальций и другие. В связи с указанным, нами были поставлены опыты по применению минеральных удобрений с добавлением ионитов и по выявлению некоторых наиболее пригодных для этих целей марок ионитов. Были испытаны иониты следующих марок: КУ-1, КБ-42П, АН-1, АН-9, ЭДЭ-10п. Результаты опытов показали, что добавление ионитов к минеральным удобрениям дает положительные результаты. Злаковые растения давали лучшие результаты в присутствии ионитов марок — АН-9 и ЭДЭ-10п, а бобовые — в присутствии ионитов АН-9 и КУ-1.

Посев на золе с бытовыми отходами. Бытовые отходы в качестве удобрения были применены на Нижне-Туринском золоотвале на площади в 2,0 га, в которых содержались отходы производства в виде каолина, канифоли, битума и др. нежелательных для растений примесей с небольшим содержанием фекальных масс и мочевины. Эти сточные воды имели небольшую мощность — около 80 м³ в час, но этого количества было вполне достаточно, чтобы оросить в несколько раз большую площадь. Для равномерного орошения опытного участка сцепом тяжелых борон были проделаны продольные и поперечные борозды, по которым разливались сточные воды. На время орошения участка количество хлорной

известии, обычно добавляемой после очистных сооружений, уменьшалось в два-три раза.

В первый же год на поверхности появилась устойчивая пленка с развитой микрофлорой, прекратившая пыление опытного участка. Все высеянные культуры дали лучшие показатели по сравнению с другими вариантами. Высота растений по вариантам представлена в табл. 5.

Таблица 5

Высота растений в различных вариантах опыта
(первый год жизни)

Культуры	Варианты опыта		
	с NPK	с почвой	с бытовыми отходами
Люцерна синегибридная	7,1	11,53	15,5
Костер безостый	4	11,3	16,5
Эспарцет	8,5	6,0	15,4

Во второй год жизни все испытывавшиеся растения дали также самые высокие показатели. Это указывает на высокую перспективность применения бытовых отходов для консервации золоотвалов. При этом, как указывалось, использованные сточные воды содержали много нежелательных примесей. Применение бытовых отходов без промышленных примесей на этом золоотвале из поселка ГРЭС, имеющих мощность около 500 м³ в час, даст еще лучшие результаты и позволит оросить всю площадь золоотвала.

Применение бытовых отходов так же, как и минеральных удобрений, обещает быть более выгодным, чем покрытие поверхности золоотвала почвой слоем в 2 см.

Как указывалось, на Нижне-Туринском золоотвале в начале августа 1961 года были посеяны семена растений на площади в 2 га сильно увлажненной золы. Через 8—10 дней появились дружные всходы. Все растения ушли в зиму в хорошем состоянии. На следующий год в связи с прорывом дамбы действующего золоотвала и проведением ремонтных работ вся пульпа за этот промежуток времени сбрасывалась на заброшенный золоотвал, где были заложены наши опыты и посевы были погребены, поэтому не удалось провести очень важного с экономической точки зрения испытания выращивания растений на увлажненной золе.

Кроме чистых посевов, в тех же вариантах, были испытаны следующие травосмеси: 1) клевер луговой + тимopheевка луговая + пырей бескорневищный; 2) костер безостый + люцерна синегибридная; 3) костер безостый + овсяница луговая и другие. В первые три года существования травосмесей рост и развитие основных компонентов совершается в тех же границах, что и в чистых посевах, не давая преимуществ какому-либо виду растений. В последующем происходят сложные перестройки, ко-

торые выражаются в том, что на рыхлых золоотвалах начинают преобладать бобовые, которые образуют сомкнутый покров и почти полностью вытесняют злаки; на плотных золоотвалах по мере засыпания площадок наносной золой бобовые полностью вытесняются, сохраняясь только на краях делянок, в то время как злаки целиком остаются. В связи с этим о преимуществах посева растений в травосмесях по сравнению с чистыми посевами пока ничего нельзя сказать, так как на разных золоотвалах получены различные результаты.

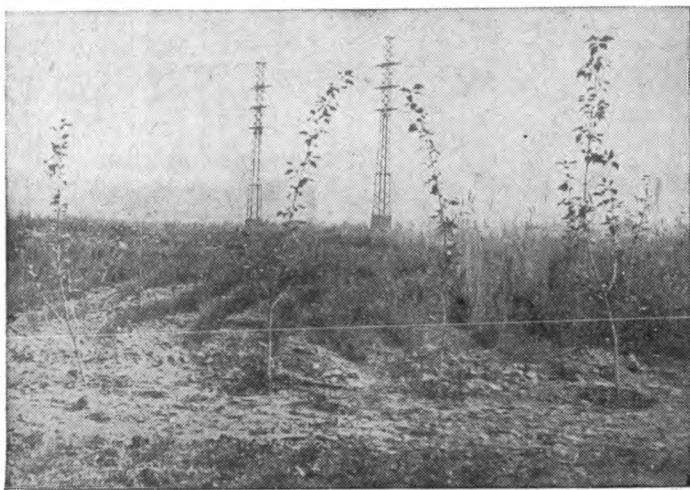


Рис. 10. Посадки тополей на Нижне-Туринском золоотвале.

Древесные породы. В связи с незначительной высотой травянистых растений они не могут до конца выполнить служебную роль по ликвидации ветровой эрозии золоотвалов. Поэтому крайне необходимо, чтобы травянистая растительность чередовалась с деревьями и кустарниками. Подобного опыта ни за рубежом, ни в нашей стране не проводилось. Было совершенно неизвестно, как будут вести себя различные древесные растения на золе. С целью изучения этого вопроса в 1960 г. на Нижне-Туринском золоотвале была проведена посадка древесных растений у дамбы золоотвала. Были посажены следующие 7 видов: ель (*Picea obovata* Ledeb) 5 экземпляров, сосна (*Pinus silvestris*) 1 экземпляр, можжевельник (*Juniperus communis* L.) 8 экземпляров, ива (*Salix*) 4 экземпляра, шиповник коричный (*Rosa cinnamomea* L.) 1 экземпляр, малина (*Rubus idaeus*) 2 экземпляра, береза (*Betula pubescens*) 2 экземпляра. Всего посажено 23 экземпляра. Посадочный материал был взят из леса. Растения выкапывались с небольшим комом земли. Все растения принялись. На следующий год насаж-

дения чувствовали себя хорошо, отмечается некоторый прирост (см. табл. 6).

Таблица 6

Рост в высоту древесных пород посадки 1960 года

№ п/п.	Название пород	Количество экземпляров	Высота, в см			Прирост за первый год, см	Прирост за второй год, см	Годичный прирост на почве (деревья около дамбы), см
			1960 г.	1961 г.	1962 г.			
1	Береза	2	32,0	60,0	98,5	28,0	38,5	99,6
2	Ива	4	27,25	51,0	63,5	23,75	12,5	36
3	Ель	5	41,0	46,8	48,0	5,8	1,2	14,8
4	Малина	2	11,0	25,5	30,0	14,5	4,5	85,3
5	Можжевельник	8	23,9	31,8	49,1	7,9	17,3	17,5
6	Сосна	1	35,0	47,0	64	12	17	13,5
7	Шиповник	1	35	47	58	8	11	—

Таблица 7

Рост в высоту древесных и кустарниковых пород посадки 1961 года

№ п/п.	Название пород	Количество экземпляров	Высота, см		Годичный прирост, см		Годичный прирост на почве, см
			1961 г.	1962 г.	за 1961 г.	за 1962 г.	
1	Береза	6	26,9		1,3		
2	Ива	31	25,75	31,50	0,7	5,75	36
3	Сосна	2	49,5	50,0	0	0,5	13,5
4	Малина	2	20,0	22,25	4,4	2,25	85,3
5	Лиственница	1	20,0	34,0	1,0	14,0	
6	Ракитник	3	20,7	50,6	1,5	29,9	—
7	Осина	7	—	20,5	—	—	—
8	Шиповник	1	15,8	28,5		12,7	—

В 1961 г. на золоотвале было высажено 53 экземпляра древесных пород, в том числе 16 деревьев и 37 кустарников. Все экземпляры были высажены на расстоянии 4—5 метров от дамбы в глубь золоотвала. Деревья и кустарники высаживались с комом земли, два раза после посадки насаждения были политы. Все экземпляры перенесли пересадку удовлетворительно и до конца вегетации погибло всего 6 экземпляров, что составляет 13% от посаженных. В 1962 г. на стационаре были продолжены наблюдения за поведением древесных и кустарниковых пород. Гибели растений не наблюдалось. В табл. 6 и 7 приведены некоторые данные их роста за три года.

Анализируя данные этих таблиц, можно сделать вывод, что

древесные породы, такие, как: береза, сосна, осина, ива, малина шиповник, могут успешно расти на золоотвале.

Весной 1962 года была проведена посадка тополя (18 саженцев) и яблони (8 саженцев) в возрасте 3—4 лет. Были выкопаны ямки, куда вносилось по 2 ведра плодородной почвы. Деревья раскустились и весь вегетационный период чувствовали себя хорошо. Данные о росте тополей и яблонь приведены в табл. 8.

Таблица 8

Рост древесных пород в высоту в 1962 году

№ п/п.	Название пород	Количество экземпляров	Высота растений, см		Прирост за вегетационный период, см
			начальный замер 17/VII	конечный замер 20/VIII	
1	Тополь	18	146,3	152,9	6,6
2	Яблоня	8	73,0	78,0	5,0

Все саженцы выжили в первый год жизни на зольном субстрате и дали летний прирост.

При осмотре золоотвала в 1961 г. отмечено, что на золе хорошо поселяется ива. Особенно ясно это видно на участке с бытовыми отходами. На сильно увлажненных местах на 1 м² приходилось по 24 экземпляра ивы высотой 3—4 см.

На участке с бытовыми отходами в 1962 г. было очень много ив и осин, особенно около стока вод, где высота ивы достигает более метра. Результаты подсчета густоты заселения золоотвала ивой и осинкой приведены в табл. 9.

Таблица 9

Густота заселения золоотвала ивой и осинкой (подсчеты на 1 м²)

Повторности	Ива		Осина	
	количество экземпляров, шт.	средняя высота, см	количество экземпляров, шт.	средняя высота, см
I	15	10,8	7,1	4,9
II	19	10,8	17	6,0
III	14	23,5	10	13,9
Средние из 3-х повторностей	16	15,1	11,3	8,2

Кроме ивы и осины, на золе с бытовыми отходами встречаются малина и смородина.

Из всего сказанного следует, что зола с применением почвы и бытовых отходов пригодна для выращивания древесных пород.

Испытание древесных пород позволило выявить породы, пригодные для облесения золоотвалов, а именно: ива, береза осина, сосна, тополь, яблоня и другие.

Посев сорных растений. Наблюдения показывают, что на свалках и на нарушенных местах хорошо произрастают многие виды сорных растений. В связи с этим было интересно изучить поведение этих растений на золоотвалах. С этой целью на Красногорском и Нижне-Туринском стационарах в 1959 г. был посеян ряд видов сорных растений.

В основу этого опыта легло представление о необычайной выносливости семян сорных растений, неприхотливости сорных растений к условиям произрастания. Кроме того, среди семян сорных растений встречается много семян культурных растений, в том числе злаков и бобовых, корневая система которых может обогатить и связать слабые грунты.

Семена сорных растений были получены со складов Управления хлебопродуктов, после очистки семян зерновых культур. В составе этих отходов находились семена сорных растений до 20 видов.

На Красногорском стационаре эти семена были посеяны 29—30 апреля на площади в 8 га по слою песка и глины толщиной в 1—10 см, созданному на поверхности золоотвала бульдозерами в 1959 г.

Перед посевом проведена культивация поверхности культиватором с пружинными лапами. Посев производился вразброс руками с тракторной тележки. Норма высева 60—80 кг смеси неочищенных семян сорных растений на 1 га. После посева произведена заделка семян волокушей из сучьев. Здесь же на площади в 1,5 га семена сорняков посеяны по чистой золе, при той же норме высева, что указана выше, с такой же агротехникой.

На стационаре Нижне-Туринской ГРЭС посев семян сорных растений произведен на золе на площади в 4 га по 80 кг неочищенной смеси на 1 га. Посев произведен вручную с заделкой семян граблями. В связи с тем, что поверхность золоотвала очень плотная, в последующем большую часть семян выдуло ветром и они скопились в ложбинках, канавах и других неровностях, образовав плотные пятна всходов, а затем и взрослой растительности.

На обоих стационарах были обнаружены следующие растения: курай — *Salsola Kali*, щетинник — *Setaria viridis*, овсюг — *Avena fatua*, сурепка — *Barbarea vulgaris*, гречиха выюнная — *Polygonum convovulus*, липучка — *Lappula tomentosa*, марь белая — *Chenopodium album*, марь красная — *Chenopodium rubrum*, щирица — *Amaranthus retrofractus*, гречишка птичья — *Polygonum aviculare*, полынь Сиверса — *Artemisia Sieversiana*, пастушья сумка — *Capsella bursa-pastoris*, денежник — *Phlaspi afvense*, щавелек — *Rumex acetosella*,

чернобыльник — *Artemisia vulgaris*,
желтушник — *Erysimum cheiranthoides*,
рыжик посевной — *Camelina glabrata*,
гулявник — *Descurainia Sophia*,
вяжечка — *Turritis glabra*,
пырей ползучий — *Agropyrum repens*.

Все эти растения, если они вырастали одиночно, были представлены карликами в 1—2—3 см высотой, редко выше; если же они вырастали группой — картина резко менялась и те же самые растения достигали высоты в 10—15 см. В первом случае растения давали единичные цветы и семена и мало листьев, во втором же — обильность, количество цветов и семян значительно увеличилось.

Здесь могут быть даны два объяснения:

1) с одной стороны, в низинки, где развивались главным образом группы растений, ветром заносились незначительные количества почвенной пыли, немного обогатившие золу элементами питания, и здесь, очевидно, было немного влажнее;

2) с другой стороны, совместное произрастание многих растений содействовало осаждению почвенной пыли и создавало более влажные условия.

Одиночные растения этими преимуществами не обладали.

Из числа указанных растений чаще всего встречены: сурепка, желтушник, щетинник и лебеда белая. Несколько реже — пырей ползучий и курай. Остальные растения встречаются единично.

Наблюдения следующего года покажут, какие растения задержатся на золе и смогут развиваться дальше. Посевы сорных растений пока заметного эффекта не дали.

Формы колонизации золоотвала растениями

На протяжении какого-то времени — порядка 8—10 и более лет, заброшенные золоотвалы совершенно безжизненны, а затем в различных случаях по разному начинаются процессы заселения их растительностью. Поскольку естественная миграция растений на золоотвал раскрывает многие детали формирования естественного покрова, этим вопросам на протяжении всех лет наблюдений придавалось самое серьезное значение. Ежегодно на одних и тех же участках учитывались все растения как на чистой золе, так и на всех делянках и специальных участках, покрытых слоем почвы в 2 см, но без посева семян растений.

Изучение естественного зарастания золоотвалов должно было ответить на вопрос: может ли поверхность золоотвала с течением времени без вмешательства человека покрыться растительностью и за счет каких видов.

Благодаря тому, что ежегодно фиксировалось состояние каждой площадки, удалось проследить процесс внедрения новых растений и характер формирования первичных фитоценозов.

Вопросы естественного зарастания золоотвалов совершенно не освещены. Только в работе Рис и Сидрак есть указание на то, что

на английских золоотвалах растет без особых признаков угнетения один-единственный вид лебеды (*Atriplex hastata* var. *deltoides*).

В начале обследования (1959) растительность на золоотвалах полностью отсутствовала. В первую очередь сюда попадают семена растений, произрастающих на глинистых дамбах. Рассмотрим миграцию растений на каждом золоотвале в отдельности.

В 1959 г. по периферии Красногорского золоотвала в 3—5 метрах от дамб были зарегистрированы следующие виды: вейник, пырей ползучий, полынь Сиверса, ясколка, щавель конский, марь



Рис. 11. *Calamagrostis* на Краснокамском золоотвале Пермской области, 1960 год.

белая, бескильницы, одуванчик, спорыш — всего 9 видов. В 1960 г. количество видов растений на золоотвале увеличилось вдвое и заселенная ими площадь увеличилась. Особенно агрессивно вели себя бескильницы. В 1961—1962 гг. бескильница Гаупта буквально заполонила весь золоотвал и распространилась не только на опытных делянках, но и на чистой золе за исключением небольшого участка, где зола находилась в подвижном состоянии. Следом за бескильницами отмечается миграция и других растений на золоотвал. Так, в июле 1962 года, помимо бескильниц, были отмечены на золе следующие растения: клевер ползучий, полынь Сиверса, вейник, мать-и-мачеха, мышиный горошек (*Vicia cracca*), просянка (*Setaria viridis*), гулявник, гречиха узловатая (*Polygonum nodosum*), спорыш, клоповник (*Lepidium ruderales*), липучка (*Lappula tomentosa*), крестовник (*Senecio*), молоккан (*Mulgedium*), икотник (*Berteroa incana*), чертополох (*Carduus crispus*), тысячелистник (*Achillea millefolium*), крапива (*Urtica dioica*), осот по-

левой (*Sonchus arvensis*), ситник (*Juncus*) и другие — всего 46 видов. При этом необходимо отметить, что если в 1959 г. на золоотвале было отмечено всего 3 кустика ив, то в настоящее время обнаружено около 50 кустов ив. Таким образом, если в 1959 г. здесь на золе было обнаружено 9 видов, то в 1960 г. — 18, а в 1962 г. — 46 видов. На Егоршинском золоотвале, как в 1959 г., так и в 1963 г. за пределами опытных площадок никаких растений не обнаружено. За 5 лет поверхность золоотвала уплотнилась, покрылась тонким зеленым налетом мхов. На самом старом золоотвале Березниковской ТЭЦ № 4 вся поверхность была занята бескильниками, кроме которых здесь же в больших количествах под ними обнаружена марь красная (*Chenopodium rubrum*). На более молодых отвалах встречены пятна из лебеды татарской (*Atriplex tatarica*) и вейника.

На Краснокамском золоотвале встречены пятна из вейника и пырея ползучего.

На плотном Нижне-Туринском золоотвале на площади 60 га было найдено пятно в 1 м², где зарегистрированы пырей ползучий, полын Сиверса, мятлик луговой, гулявник и марь белая. За 5 лет сюда добавилась еще лянка (*Linaria vulgaris*). Если в 1959 г. пырей ползучий имел 3 генеративных побега, то в 1962 г. он выбросил 295 генеративных побегов, которые вместе с вегетативными занимали площадь более 5 м². Здесь же у оснований высоковольтных мачт была обнаружена следующая растительность: иван-чай (*Chamenerium angustifolium*), ива, мятлик луговой, липучка, щирца, поповник, гречиха полевая, гулявник, овсюг, лебеда татарская, марь белая, пырей ползучий, щавель курчавый, курай. За истекшие 5 лет естественная растительность появилась небольшими пятнами около труб, в понижениях, общей площадью 10—20 м².

Интересны условия, при которых начинается естественное зарастание. На Красногорском золоотвале распространение бескильниц происходило только по тем местам, где перед этим зола была уплотнена, а именно: по колеям автомашин и тракторов, по следам ног скота и человека и по ложбинкам дождевых потоков. На Нижне-Туринском и Березниковском золоотвалах — в местах наибольшего увлажнения.

В целом, естественное зарастание золоотвалов совершается крайне медленно за счет немногих специфических видов и практического значения для консервации не представляет.

Совершенно по-иному идет заселение золоотвала, если имеется небольшой слой земли (до 2 см). На всех стационарах в 1959 г. были заложены участки самозарастания с двухсантиметровым слоем почвы, но на Красногорском и Егоршинском они погибли. Сохранился только Нижне-Туринский участок, на котором в 1959 г. было зарегистрировано 19 видов с преобладанием мари белой, в 1960 г. — 65 и в 1961 г. — 60 видов.

В 1961 г. этот участок подвергся самому внимательному изучению. Выявлены следующие виды растений:

СПИСОК

растений на участке самозарастания на
Нижне-Туринском золоотвале

	Обилие	Фаза вегетации	Высота, см
Из злаков:			
Мятлик	един.		55
Ежа сборная	часто		110
Райграс высокий	много	+	80
Костер безостый	един.	+	85
Щучка дернистая	един.	+	80
Пырей гребенчатый	часто	+	70
Овсяница луговая	часто	+	105
Полевика	един.	+	58
Тимофеевка	един.	+	85
Пырей ползучий	един.	—	25
Вейник	един.	—	30
Из бобовых:			
Клевер луговой	часто	С	35
Клевер ползучий	много	С+	10
Чина	един.	ОС	45
Люцерна синегибридная	часто	С	100
Клевер горный	един.	С	45
Из разнотравия:			
Чернобыльник	един.		110
Тысячелистник	един.	ОС	35
Поповник	часто	О	70
Лапчатка	един.	+	15
Гулявник	един.	О	32
Льнянка	часто	О	36
Фиалка собачья	един.		7
Фиалка полевая	един.		10
Ясколка	часто		15
Малина	един.	—	15
Мать-и-мачеха	един.	—	15
Молочай	един.	О	30
Подорожник	един.	+	5
Хлопушка	един.	О	65
Дрема	един.	С	50
Гречишка	един.		15
Гранатник	един.	С	40
Одуванчик	един.		17
Очанка	един.	С	10
Лапчатка норвежская	един.	С	30
Щавелек	часто		35
Липучка	часто	+	43
Молокан желтый	един.	О	70
Звездчатка	един.	О	35
Люттик едкий	един.	О	40
Татарское мыло	един.	+	44
Осот	един.	О	75
Крестовник	един.		15
Раковые шейки	един.		55

	Обилие	Фаза вегетации	Высота, см
Тмин	един.	О	80
Кровохлебка	един.	О	105
Осына (1 экз.)	—	—	46
Ива (1 экз.)	—	—	23
Манжетка	един.	—	8
Иван-чай	един.	—	22
Клоповник	един.	—	8
Жерушник	часто	—	15
Черёда	един.	—	10
Ясколка	часто	С	15
Типчак	един.	—	40
Марь белая	един.	—	10
Лебеда татарская	един.	—	12
Ястребинка	един.	—	55
Лапчатка	един.	—	28

На этом участке были заложены 10 произвольных метровых площадок. Все данные по этим площадкам сведены в единую табл. 10.

Таблица 10

Встречаемость растений различных видов на участке самозаращения
Ниже-Туринского стационара на площадках в 1 м²

№ площадки	Количество видов	% покрытия	Встречаемые виды
1	4	40	Типчак, манжетка, поповник, овсяница луговая
2	4	30	Щавелек, поповник, подорожник, овсяница луговая
3	8	60	Ясколка, щавелек, клевер ползучий, поповник, райграс, овсяница луговая, манжетка, осот
4	8	90	Полевица, поповник, хлопושка, клевер ползучий, манжетка, щавелек, подорожник, гранатник
5	6	10	Клевер красный и ползучий, поповник, льнянка, мятлик и липучка
6	8	100	Поповник, клевер ползучий, фиалка собачья, чина, люцерна, костер, неизвестное, манжетка
7	3	10	Пырей гребенчатый, тысячелистник, костер безостый
8	6	40	Полевица, клевер ползучий, малина, подорожник, фиалка собачья, дрема
9	4	20	Пырей ползучий, клеверы ползучий и красный, манжетка
10	5	10	Костер, поповник, чина, клевер ползучий, манжетка
	5,6	41	

Отсюда видно, что процент покрытия колеблется около 40% с 3—8-ю видами на 1 м².

Многие растения дают крупные латки (куртины), лежащие на поверхности почвы. Диаметр таких латок у некоторых растений достигает следующих величин: ясколки — 29×32 см, клевера ползучего — 15×12, 22×30, 20×16, тысячелистника — 21×19, щавелька 35×52 и др.

Такое пятнистое (групповое) распространение растений характерно для всего участка.

Весьма важно отметить, что на 3-й год появляется ряд древесных растений, таких, как осина, шиповник, ива, малина.

Внедрение новых растений на опытные площадки

На Нижне-Туринском стационаре была изучена растительность 25 опытных площадок (зола + почвенный слой в 2 см). Здесь, на 6 м² и около них зарегистрированы следующие растения:

Встречаемость

Лапчатка гусиная	64	Щавелек	32
Лапчатка норвежская	44	Ежа	20
Лапчатка высокая	36	Одуванчик	20
Льнянка	56	Костер	24
Поповник	92	Ясколка	24
Дрема	28	Раковые шейки	8
Подорожник	56	Чина	8
Малина	16	Липучка	36
Подмаренник северный	24	Гранатник	52
Клевер луговой	100	Щавель конский	8
Клевер ползучий	88	Земляника	4
Осот	8	Щучка	8
Вейник	4	Манжетка	28
Пырей ползучий	52	Шиповник	8
Тысячелистник	80	Лютик	4
Чернобыльник	12	Лабазник	4
Типчак	16	Гречиха узловатая	4

Всего 34 вида. По встречаемости на первом месте стоят клевер луговой и ползучий, поповник, лапчатка гусиная, льнянка, подорожник, тысячелистник, пырей ползучий и гранатник.

Среди 11 площадок остальных культур обнаружены из новых растений:

Крапива	Клевер горный
Фиалка собачья	Марь белая
Вика	Лапчатка серебристая
Можжевельник	

Здесь обращает на себя внимание то, что среди травянистых растений начинают появляться такие, как малина, шиповник и даже можжевельник. Среди травянистых растений, интересно появление плотно-дернистых злаков — типчака и щучки.

Интересно отметить, что различные виды растений на опытных

делянках при нормальной густоте стояния по-разному предоставляют убежище для других растений. При сравнении всех опытных деленок получилась следующая картина: на площадках с люпином и донником вселилось по 15 видов, клевера красного — 14,5, рай-граса — 13,5, люцерны, овса, регнерии — по 13—12,5, пырея бес-корневищного и тимофеевки — по 10, костра — 9,5, ежи — 9, по-левицы — 8,5, пырея гребенчатого — 7,5. Отсюда следует, что ряд видов благоприятствует внедрению новых видов, в то время как другие, наоборот, препятствуют этому процессу.

В целом можно указать на то, что процесс зарастания участ-ков золоотвала с почвой совершается быстро, в первую очередь, за счет расселения бобовых и злаков (самых ценных растений) и затем разнотравия, в составе которого точно так же содержится очень немного сорных растений. На третий год зарастания созда-ется устойчивый растительный покров из многолетних растений, а количество однолетних растений (где было отмечено много сор-ных растений) резко сокращается.

Кавалерийские опыты. Кавалерийскими опытами мы называем испытание небольших порций семян, полученных из различных мест Советского Союза, главным образом, из ботанических садов, по 1—2 пакета каждого вида. Содержимое каждого пакета дели-лось на две части, одна из которых высевалась в бороздки на чист-ой золе, а другая — на золе с тонким слоем почвы. Важно было получить ответ, не будут ли некоторые из этих растений, не извест-ных для нашей области, произрастать на золоотвалах.

Сигалов Б. Я. (1954) провел испытания 31 вида растений, прина-длежащих к 9 родам злаковых и 3 родам бобовых. Особое внимание было обращено на испытание астрагалов и волоснецов.

На промышленных отвалах Урала (золоотвалах) были испытаны семена 207 видов, относящихся к 80 родам 22 семейств, а именно: злаковых 70 видов из 30 родов, бобовых — 30 видов из 7 родов, крестоцветных — 25 видов из 8 родов, сложноцветных — 25 ви-дов из 6 родов, маревых — 13 видов из 7 родов. Остальные 44 вида относятся к 22 родам из 17 семейств.

Испытания показали, что на золе хорошо развиваются почти все представители семейства крестоцветных, маревых, некоторые злаковых, бобовых, сложноцветных. Многие из испытуемых рас-тений, посеянных в 1960—1961 гг., до сих пор вегетируют и не перешли к цветению и плодоношению. Хорошие результаты в ис-пытаниях дали костры (*Bromus riparius* и *B. secalinus*), лядвенец (*Lotus corniculatus*), пижма (*Tanacetum vulgare*), лапчатки и другие.

Семена 111 видов или не взошли или же их всходы погибли в первые дни и больше не возобновлялись.

Лучшие показатели дали семена местных растений около 50 ви-дов, учитывавшиеся отдельно от предыдущего списка. Они хорошо произрастают на участках самозарастания, подселяются в посевы культурных растений и везде развиваются нормально. Поэтому для озеленения золоотвалов лучше всего привлекать местные

Анализ золы с золотавалов Нижне-Туринской ГРЭС и Березниковской ТЭЦ

Виды растений	Варианты	рН соляной вытяжки	рН водной вытяжки	Fe' + Fe''' мг на 100 г зольного суб- страта		Al мг/100 г	K ₂ O мг 100 г	P ₂ O ₅ , мг 100 г	N общий, %
Люпин однолетний (Березники) Донник (2 года)	Зола (Н. Тура)	8	8,9	100	—	—	—	—	—
	Зола+бытовые отходы (Н. Тура)	8	8,8	50	—	—	—	25,0—25,1	0,12
	Зола (Березники)	4,2	5,2	500	6,75	—	4,4	2,5	0,05
	Зола+НРК (Березники)	5,4	6,4	50	—	—	5,6	3,75	0,14
	Зола+торф (Березники)	4,6	5,8	300	7,38	—	18,3	2,5	0,27
	Зола	5,8	7,0	125	—	—	5,5	3,75	—
	Зола+НРК (Березники)	5,4	6,2	60	—	—	14,6	10,0	0,12
	Зола+бытовые отходы (Н. Тура)	7,8	8,8	40	—	—	—	12,1—12,5	0,13
	Зола+НРК (Н. Тура)	8,0	9,0	60	—	—	4,4—5,1	25—25,2	0,12
	Зола+почва (Н. Тура)	7,8	8,6	—	—	—	—	—	0,16
Костер безостый Овсяница красная	Зола+НРК (Н. Тура)	8,0	8,0	15	—	—	4,4—5,2	29,7—30,0	0,11
	Зола+почва (Н. Тура)	7,6	8,8	15	—	—	—	1,25—1,3	0,18
	Зола+НРК (Березники)	5,8	7,2	100	—	—	18,3	5,6	0,16

районированные сорта растений и меньше всего рассчитывать на растения из других мест.

Действие и последствие растительности и характера удобрений на химический состав золы.

В рассмотренном материале охарактеризована ботаническая сторона вопроса консервации золоотвалов. Но картина будет неполной, если не привести данных о тех глубоких последствиях, которые наблюдаются в химическом составе каменноугольной золы под влиянием растений и характера удобрений. На основании предварительных анализов, проведенных почвенной лабораторией Уральского филиала АН СССР, удалось установить эту зависимость.

Вполне понятно, что благодаря покрытию поверхности золы почвой или торфом, внесению минеральных удобрений или орошению бытовыми отходами после очистных сооружений зола обогащается питательными веществами и наряду с этим преферпевает изменения и в других отношениях. Наряду с этим установлено, что под разными культурами изменения химического состава золы выглядят по-разному.

Эти изменения субстрата золы характеризуют ту сложную картину взаимоотношений организмов, которая была перед этим разобрана, а также те изменения в условиях жизни, которые возникают в первичных фитоценозах. Из приводимой таблицы 11 хорошо видно, как обогащают золу различные виды покрытий и удобрений, а также изменения под бобовыми (на примере донника) и под злаковыми (на примере костра и овсяницы красной).

Интересно отметить, что покрытие поверхности золы почвой или торфом, а также удобрение бытовыми отходами носят долговременный характер, в то время как внесение минеральных удобрений и полиакриламида имеет кратковременный период действия и требует периодического повторения. Так, например, участок, удобрявшийся бытовыми отходами в течение года и затем заброшенный, дал такой же урожай, как и в год полива его бытовыми отходами. На участке, где в предыдущем году вносились минеральные удобрения, а в год наблюдений не были внесены, урожайность растений резко снизилась, а некоторые выпали совершенно.

ВЫВОДЫ

Золоотвалы тепловых электростанций являются специфическим и бесструктурным субстратом, не имеющим аналогичных образований в природе. Благодаря тонкому помолу каменного угля частицы золы легко переносятся на далекие расстояния, чем нарушают санитарную зону населенных мест. Использование золы в качестве компонента строительных материалов весьма незначительно. Для других целей зола не используется.

К настоящему времени вблизи многих тепловых электростан-

ций имеются заброшенные золоотвалы, содержащие огромные запасы золы легкой фракции. Эти площади представляют собой индустриальные пустыни, так как из-за отсутствия в золе азота и других питательных веществ для растений на них ничего не растет. Между тем зола каменных углей по содержанию микроэлементов значительно богаче почвы, и несмотря на свою бесструктурность, как показали опыты, может давать высокие урожаи травянистых растений. Отсюда при той или иной форме обогащения золоотвалов питательными веществами можно превратить их в газоны или луга среднего качества и восстановить зеленый покров на этих безжизненных пространствах. Наилучшие результаты выращивания растений были получены при покрытии поверхности золоотвалов слоем почвы в 2 см или слоем торфа в 3 см и самые лучшие при удобрении почвы бытовыми отходами после очистных сооружений.

Во всех случаях обогащения поверхностного слоя золоотвалов отмечено резкое снижение токсического действия алюминия и других веществ, благодаря чему растения развиваются совершенно нормально и обладают удовлетворительными кормовыми достоинствами. На участках, орошаемых бытовыми отходами, на второй год среди травянистой растительности появилось много кустов ив — до 28 на 1 м². Из всех способов консервации золоотвалов последний является наиболее экономически выгодным, а в биологическом отношении наиболее продуктивным.

Установлено, что на рыхлых золоотвалах лучше развиваются представители бобовых, на плотных и подвергающихся действию дымо-газовых выделений — представители злаковых, как более газоустойчивых и имеющих поверхностную корневую систему.

При установлении ассортимента растений, могущих произрастать на золоотвалах, в первую очередь необходимо опираться на районированные для данной местности растения и представителей местной флоры.

Наблюдения показали, что травосмеси по сравнению с чистыми посевами с течением времени выглядят значительно хуже. В производственных условиях рекомендуется проводить чередующиеся посевы злаковых и бобовых, которые в последующем на третий-четвертый год образуют естественные травосмеси.

Одновременно с посевом травянистых растений желательно закладывать на золоотвалах лесные полосы из тополя, яблони, осины, березы, караганы, ив, шиповника, малины, можжевельника, ракитника.

Процессы естественной колонизации на рыхлых золоотвалах наблюдаются через 8—10 лет после прекращения их использования за счет 2—3 особо устойчивых видов, к числу которых относятся бескильницы Гаупта и расставленная и марь красная. Особенно это относится к бескильнице Гаупта, которая создает заросли необычайной плотности — до 3—5 тысяч особей на 1 м². Загущенные посевы семян растений как на чистой золе, так и на золе с покрытием во всех случаях выглядели лучше. Поэтому для произ-

водственных целей рекомендуется двух-трехкратная норма высева семян против обычной полевой нормы. Это явление полностью опрокидывает укоренившееся мнение о наличии внутривидовой борьбы между особями одного вида.

Под покровом пионерных растений крайне редко поселяются немногие представители местной флоры, преимущественно из семейств крестоцветных, бурачниковых, розоцветных, гречишных и др.

На плотных золоотвалах процессы самозарастания почти отсутствуют.

В чистых посевах многолетних растений различные виды по-разному допускают на занятую ими площадь представителей других видов. Под бобовыми культурами за 5 лет поселилось до 15—16 видов, под злаковыми — 7—10 видов. Поселяются преимущественно многолетние растения. Большинство сорных растений, как на чистой золе, так и на удобренных площадках, не задерживается и быстро выпадает.

Биоценозы на золоотвалах формируются сразу во всех звеньях, то есть вместе с появлением микроорганизмов появляются растения и животный мир, в первую очередь насекомые и пауки.

На специфических субстратах, в частности золоотвалах, наблюдаются значительные отклонения в росте и развитии растений, что выражается в большой растянутости наступления фаз, укорочения их прохождения, меньшем побегообразовании и др., за исключением растений, культивируемых на участках, орошаемых бытовыми отходами, где происходит более пышное развитие растений и фазы развития растягиваются.

Некоторые растения настолько адаптируются к субстрату золы, что с удобренных площадок начинают переселяться на чистую золу. К этим последним для рыхлых золоотвалов относятся донники белый и лекарственный и клевер ползучий. Можно ожидать, что этот список в дальнейшем увеличится.

Работы по консервации золоотвалов травянистыми и древесными растениями дали обширный материал, на основании которого установлена принципиальная возможность ликвидации индустриальных пустынь любого типа, а для закрепления золоотвалов тепловых электростанций выработать практические рекомендации.

ЛИТЕРАТУРА

Антипов В. Г. (1959). Газоустойчивость газонных трав. «Ботанич. Ж.» 44, № 7.

Богданов П. Л. (1957), Известь и сланцевая зола как средство борьбы с мхами на вырубках. Тр. Ленингр. лесотехн. ак., в. 81, ч. 2, с. 53—60.

Вешенская И. С. (1954), Сланцевая зола как материал для известкования подзолистых почв и как источник питательных веществ для растений. Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. Всесоюзная АН, Институт удобрений, агро-техники и агропочвоведения. Л.

Гольдберг М. С. (1958), Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха выбросами тепловых электростанций и мероприятий по санитарной охране воздуха. Автореферат дисс. докт. мед. наук. Академия мед. наук СССР, М.

Зражевский А. (1953). Родючість нерозвинених ґрунтів на територіях Донбасу і питання озеленення терриконів. Праці ін-ту лісівництва АН УРСР, 5.

Заржевский А. (1953). Плодородие неразвитых почв на терриконах Донбасса и вопросы озеленения терриконов. (Укр.) АН УССР, 5, 120—138.

Колесников Б. П., Николаевский В. С. (1962). Изучение и освоение бросовых земель в Верхне-Силезском промышленном районе Польской Народной республики. Сб. «Охрана природы на Урале», т. III, УФАН, Свердловск.

Сигалов Б. Я. (1954). О выращивании многолетних трав на каменноугольной золе. Бюл. Гл. бот. сада, № 9, 63—66.

Сигалов Б. Я. и Маликов А. А. (1959). Закрепление золоотвалов тепловых электростанций многолетними травами. Информ. сообщение.

Сигалов Б. Я. (1957). Многолетние травы на золе каменного угля. Природа, № 7, с. 93—95.

Сигалов Б. Я. (1957). О закреплении поверхности золоотвалов многолетними травами. Бюл. Гл. бот. сада АН СССР, 6, 28, 37—40.

Сигалов Б. Я. (1958). Закрепление золы каменноугольных отвалов многолетними травами. Ботан. ж., 43, 3, 393—395.

Соловьев П. П. Действие золы на свойства почвы и урожай с.-х. культур. Автореф. диссертации канд. с.-х. наук. Всес. научно-исслед. ин-т удобр., агрохимии и агропочвоведения, М., 1955.

Тарчевский В. В. (1961). Наблюдения над закрытием растительностью пылящих пространств промышленных отходов в Свердл. обл. Ст. Охрана природы на Урале, в. II, Пермь.

Тарчевский В. В. и Шубин Ф. М. (1962). Опыты по закрытию растительностью золоотвалов электростанций. Зап. Свердловск, ВБО, в. 12.

Тарчевский В. В. (1961). Бескильница Гаупта как растение для закрытия золоотвалов и пылящих промышленных отходов. ж. «Бюллетень Главного ботанического сада», вып. 41.

Тарчевский В. В., Беспрозвана С. Я., Власова Г. М., Хамидулина М. В., Шубин Ф. М. (1962). Опыт закрытия растительностью шлаконаливных полей (золоотвалов) тепловых электростанций Урала. Изд. ВДНХ, Уральского госуниверситета им. А. М. Горького и Свердловэнерго, г. Свердловск.

Тарчевский В. В. (1962). Создание искусственного растительного покрова на золоотвалах и других отходах промышленности (Тезисы докладов Научной конференции по вопросам экспериментальной геоботаники), г. Казань.

Тарчевский В. В. (1962). О внутривидовых отношениях двух видов *Atriplex* на золоотвалах тепловых электростанций. Сб. «Проблемы внутривидовых отношений организмов», г. Томск.

Тарчевский В. В. (1962). Условия специфической среды — главный регулятор внутривидовых и межвидовых отношений. Сб. «Проблемы внутривидовых отношений организмов», г. Томск.

Тарчевский В. В., Беспрозвана С. Я., Власова Г. М., Хамидулина М. В., Шилова И. И., Агафонова С. В. (1963). Окультуривание и рациональное использование промышленных отвалов. Тезисы докладов на Второй межвузовской научно-отчетной конференции «Университеты — сельскому хозяйству», изд. Ленинградского университета, г. Ленинград.

Тарчевский В. В. (1963). Принципы и методы озеленения промышленных отвалов. Сб. «Озеленение городов Кузбасса», изд. Кемеровского областного промышленного Комитета КПСС, Кемеровского областного промышленного Совета депутатов трудящихся и Центрального Сибирского ботанического сада СО АН СССР, г. Кемерово.

Тарчевский В. В. (1962). Битва с пустыней. ж. «Уральский следопыт», № 12.

Халлик О. Г. (1954). Сланцевая зола как удобрение. Почвоведение, № 9.

Халлик О. Г. (1951). Использование сланцевой золы для повышения

урожайности кислых почв Эстонской ССР. Кн. «Научная сессия по вопросам биологии и с.-х.», Рига, М., АН СССР, 1953.

Шалыт М. С., Костомаров В. Н. (1950) Дослідне озелененая терриконів Донбасу. Доповіді АН УССР, № 5.

Шалыт М. С. (1956). О естественном зарастании терриконитов. Уч. зап. Тадж. ун-та, 12, 53—64.

Шалыт М. С. и Костомаров В. Н. (19506). Посадки на террикониках. Лесное хозяйство, № 12.

Berthold H. J., 1957. Begrünung und Aufforstung von Halden im Ruhrgebiet. Allgem. Forstzeitschrift, 12, № 12—13.

Einspahr D. W., 1956. Coal spoil-bank materials as a medium for plant growth. Iowa State Coll. J. Sci., 30, № 3.

Greszta J., 1957. Możliwość zagospodarowania nieużytków przemysłowych w świetle badań glebowych. Ekol. Polska seria B. t. III, z. 2.

Greszta J., 1957. Microclimat zwalow. Biul. № 12 Polska Ak. Nauk.

Greszta J., 1961. Przemysł a przyroda. Przyroda Polska, NX.

Günther H., Morgeneir W., 1956* Weiden sorten versuch auf einer nährstoffarmen Braunkohlenkippe der Niederlausitz. Arch. Forstwesen, 5, № 11—12.

Hall I. G., 1957. The ecology of disused pit heaps in England. Ecol. 45, 3.

Hieronymus H., 1956. Biologische Meliorationen durch perennierende Lupine bei der Rekultivierung von Braunkohlenkippen. Forst und Jagd, 6, № 10.

Holliday R., Tonsend W., Hodson D., 1955. Plant growth on «fly ash». Nature 176, № 4490.

Hrabetova-Uhrová A., 1955. Vegetace na oslavanské haldě. Spisy vyd. přírodověd. fakult. Masarykovy, univ., № 4.

Hunt I. V., Farrand D. F., 1955. Farming an ash-dump. Journal of British Grassland Society, 10, № 2.

Materna J., Pliva K., 1958. Létavý popílek v lesních porostech na Kládsku. Lesn. práce, 37, № 9.

Němec A., 1958. Vliv kouře a popílku na intoxikaci smrkových porostů. Českosl. akad. zeměd. věd. Lesnictví, 4, № 5.

Oberste-Brink K. et al., 1956. Steinhohlengrugasche, Einfluss auf Boden, Pflanzen und Milchkühe. Schrittenreiche Vereins Wasser-Boden- und Lufthyg., Berlin-Dahlem, № 11.

Rees W. J., Sidrak C. H., 1956. Plant nutrition on fly-ash. Plant and Soil., 8, № 2.

Richardson J. A., 1957. Derelict pit heaps and their vegetation. Planning Outlook, 4, № 3.

Richardson J. A., 1958. The effect of temperature on the growth of plants on pit heaps. J. Ecol., 46, № 3.

Sarosiek J., 1957. Roslinność hald kopalniano-hutniczych niklu w Szklarach k. Zabkowic Sl. i warunki jej występowania. Acta Soc. bot. Polon., 26, № 2.

Schubert R., 1953/54. Die Schwermetallpflanzengesellschaften des östlichen Harzforlandes. Wiß. Z. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Mathematik-Wiß. Reihe, № 1.

Thomson H. W., 1958. Restoration of agricultural and other soils. Nature, 181, № 4606.

Václav E., 1956. Vegetace karvinských hald a možnosti jejich zalesnění. Přírodověd. sbor. Ostravského kraje, 17, № 2.

Wilson H. A., 1957. Effect of vegetation upon aggregation in strip mine spoils. Soil Sci. Soc. America Proc., 21, № 6.

Wood R. V., Thirgood J. V., 1955. Tree planting colliery spoil heaps. Colliery Engng., 32, № 382.

Wood R. F., Thirgood J. V., 1956. Tree planting on colliery heaps. Colliery Engng., 33, № 383.